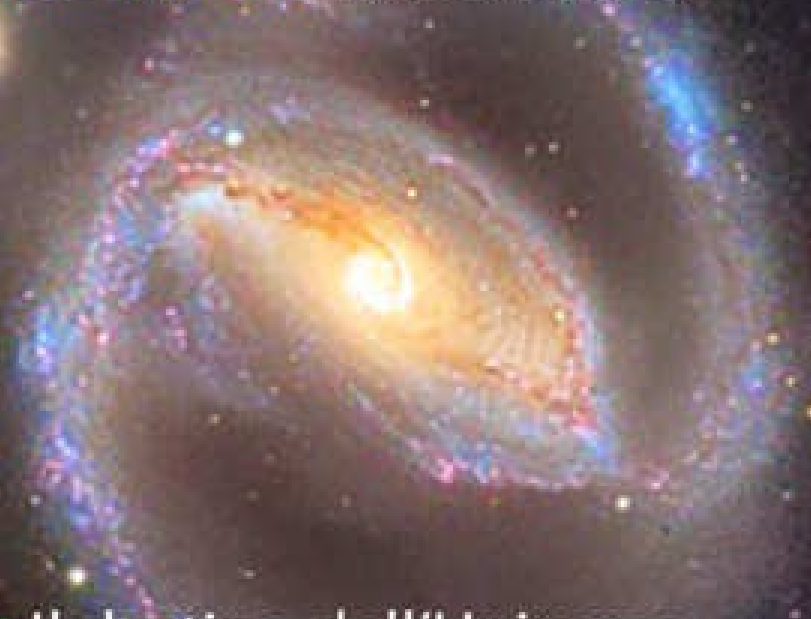
Astronomia per tutti

Volume 10

Neofiti: Iniziamo a osservare con il telescopio

Costellazioni: Auriga e Gemelli

Astrofotografia: Elaborazione immagini planetarie

Ricerca amatoriale: L'astrometria

Astrofisica: Il destino dell'Universo

Astronautica: L'esplorazione di Giove

Attualità: La vita tra Terra e Marte

Domande e risposte

Daniele Gasparri

Daniele Gasparri

Astronomia per tutti: volume 10

Tutti i miei libri (oltre 20) sono raggiungibili a questo link

Clicca qui per vedere gli altri volumi di Astronomia per tutti

Indice

Nel prossimo volume

In copertina: NGC1097 è una splendida galassia a spirale barrata vista quasi perfettamente di fronte. Difficile da osservare dalla nostre latitudini, è un oggetto spettacolare dalle località poste più a sud. Questa straordinaria ripresa è stata ottenuta da Federico Pelliccia attraverso un telescopio da mezzo metro di diametro sotto i cieli scurissimi dell'Australia.

Presentazione

A grandi passi verso la fine del percorso, cominciamo a concretizzare tutto quello che abbiamo visto nei volumi precedenti.

Ecco allora che nella categoria neofiti è arrivato l'atteso momento di prendere in mano il nostro telescopio e cominciare a fare un po' di pratica con l'osservazione astronomica, che entrerà poi nel vivo nei prossimi due volumi.

Per gli amanti della fotografia planetaria concluderemo il discorso presentando qualche tecnica di elaborazione insieme ai programmi più utilizzati da tutti gli astroimager.

Nello spazio dedicato alla ricerca avremo a disposizione molte informazioni su come affrontare in modo serio, semplice e divertente l'astrometria. Questo ci darà le potenzialità per contribuire a progetti di ricerca insieme ai professionisti.

Passando nella parte più teorica, ci getteremo subito in uno degli argomenti più interessanti, ma ahimè anche più difficili da comprendere. Parleremo infatti delle ipotesi attualmente più convincenti sul destino dell'Universo. Trascurando formule e pensieri contorti, probabilmente rimarremo sconvolti e tristi dello scenario che al momento sembra essere il più probabile sulla fine del Cosmo. Per fortuna che si tratta ancora solo di una teoria e come tale lungi dall'essere confermata.

Ci alleggeriremo la coscienza sorvolando insieme alle gloriose astronavi degli anni 70 e 80 il gigante incontrastato dei pianeti: Giove.

Poi torneremo più vicini alla Terra parlando di nuovo di Marte e del nostro pianeta. Andando a ritroso nel tempo fin quasi

agli albori del Sistema Solare, potremo assistere a un insospettabile scambio di informazioni tra i due pianeti che potrebbe aver influenzato profondamente l'intera storia della vita.

Daniele Gasparri
Dicembre 2013

Neofiti

In questa sezione, che verrà estratta dai miei libri: "Primo incontro con il cielo stellato" e "Che spettacolo, ho visto Saturno!", affronterò insieme a tutti gli appassionati il difficile ma appassionante cammino verso l'osservazione consapevole dell'Universo e dei fantastici oggetti che ci nasconde.

Si tratta di un vero e proprio corso di astronomia di base, che parte dalle fondamenta per giungere, con la dovuta calma e pazienza, alla scelta del telescopio e ai consigli sugli oggetti

celesti da osservare.

Per ora limitiamoci a familiarizzare con l'astronomia, a capire di cosa parla e quali corpi e fenomeni troverete lungo il cammino.

Un consiglio prima di iniziare: preparatevi a grandi sorprese!

Iniziamo a osservare con il telescopio

Acquistato lo strumento che più risponde alle nostre esigenze e apprese le basi per la sua cura, siamo finalmente pronti per le prime osservazioni telescopiche.

L'osservazione al telescopio non è come guardare un video su YouTube, è qualcosa che ha il sapore del passato, che mette alla prova i vostri sensi, la vostra abilità e la voglia di conoscere e scoprire il mondo con le vostre forze.

Non è esagerato affermare che l'osservazione visuale sia un vero e proprio stile di vita. Il cielo ha i suoi ritmi, i suoi tempi, spesso estremamente diversi da quelli frenetici cui siamo abituati. L'osservazione del cielo è quindi qualcosa nella quale ci si deve immergere completamente, qualcosa che si deve vivere, dimenticando la realtà di tutti i giorni e tutto ciò cui la frenetica società commerciale attuale ci ha abituato.

Uno dei problemi più grandi dei principianti che si avvicinano all'osservazione telescopica è causato dalle aspettative.

Ci si aspetta che puntare gli oggetti celesti sia facilissimo; ci si aspetta che le immagini che si possono osservare siano uguali alle centinaia di foto che è possibile ammirare su libri, riviste, internet. Non è così: osservare il cielo non è come vedere un'immagine, ne a livello di dettagli, ne per quanto riguarda la comodità e le sensazioni.

Trovare gli oggetti celesti non è semplice, sebbene abbiate a questo punto acquisito una discreta padronanza del cielo; le prime volte forse vi occorreranno parecchi minuti per trovare un pianeta o una nebulosa. Quando finalmente avrete trovato l'oggetto, la prima impressione sarà deludente: il pianeta vi

apparirà piccolo e indistinto, la nebulosa vi sembrerà debolissima.

Non dovete scoraggiarvi.

L'abilità nel trovare nel minor tempo possibile gli oggetti e l'acutezza visiva necessaria per osservare qualcosa di più di un disco informe o una pallida nebbiolina, sono aspetti che fanno parte dell'osservazione astronomica e che la rendono una disciplina nella quale crescere, maturare e mettere alla prova le vostre capacità. Se la vostra idea di divertimento si limita al voler vedere gli oggetti celesti come appaiono in foto, subito e senza problemi, allora vi consiglio lo schermo di un computer e una ricerca in internet.

Se la vostra idea di divertimento è più profonda e prevede il contatto con il cielo, il gusto dell'esplorazione, la sfida nel cercare dettagli apparentemente impossibili, allora avete scelto la strada giusta.

Il divertimento nell'osservazione astronomica non è unicamente nella spettacolarità dell'oggetto, ma soprattutto nelle emozioni, nel contorno e nel clima offerto dalla contemplazione del cielo.

Immaginate per un momento ciò che state realmente osservando. Quel piccolo puntino indistinto può essere un pianeta distante più di quanto la vostra mente sia in grado di immaginare; un corpo celeste esterno al nostro mondo che condivide con noi la luce infinita della nostra piccola Stella.

E quando vi spingete oltre questo che è considerato il nostro vicinato cosmico, verso altre stelle, o meglio, verso altri oggetti formati da centinaia o migliaia di stelle, capirete che la Terra è solo un piccolo punto indistinto in un Universo che è possibile esplorare con il proprio telescopio. Potrete scegliere di prendere

questa astronave e volare tra l'immensità del cielo, fermarvi ad ammirare ogni tanto le meraviglie delicate che si stagliano contro il nero dell'ignoto, quadri dalla bellezza indescrivibile, impossibile da raccontare con semplici parole, impossibile da capire se non si ha l'occhio all'oculare del proprio strumento e ci si immerge anima e corpo.

Con l'esperienza vi trasformerete da inesperti e timidi curiosi del cielo a veri e propri marinai alla scoperta della straordinaria meraviglia dell'infinitamente grande.

Cosa osservare al telescopio

La Luna e i pianeti sono sicuramente i corpi celesti da osservare per eccellenza e offrono grandi e facili soddisfazioni a tutti gli appassionati di astronomia alle prime armi (e non solo!).

Spingendoci oltre il nostro Sistema Solare, possiamo però osservare altre centinaia, anzi, migliaia di altri spettacolari oggetti.

Le singole stelle non sono interessanti da osservare perché così distanti da non riuscire a risolvere il loro disco, con nessuno strumento. Benché un telescopio ve ne mostri qualche milione sparse in tutto il cielo, ogni stella resterà un puntino, a volte, per quelle più brillanti, colorato. Sebbene non mostrino dettagli, qualcuno trova lo stesso terribilmente affascinante osservare la loro luce, non di rado disturbata dall'atmosfera della nostra Terra.

Osservare la luce di una stella significa toccare con mano le distanze dell'Universo. Quella debole luce, migliaia di volte più fioca di una comune lampadina, proviene da un immenso corpo incandescente e dopo un percorso durato decine di anni nel vuoto dello spazio, sta entrando nel vostro telescopio. La luce di questa stella, qualsiasi essa sia, è molto più di semplice luce, è energia, è vita, è distanza, è pura bellezza che ci fa rendere partecipi di tutto questo perfetto meccanismo chiamato Universo.

Se avete un buon cielo e ottime capacità visive, potete cominciare a notare il diverso colore di questi astri, in particolare di quelli più brillanti della magnitudine 5.

Per osservare le colorazioni delle stelle può essere utile sfuocare leggermente l'immagine per facilitare il difficile compito dell'occhio umano. I diversi colori delle stelle, come avete appreso nelle pagine iniziali, testimoniano diverse temperature

superficiali. Le componenti arancio, come Betelgeuse in Orione, sono relativamente fredde (circa 3000°C), quelle bianche come Vega, nella costellazione della Lira, sono intermedie (circa 10000°C), mentre quelle azzurre, come Rigel, sempre in Orione, sono caldissime (oltre 20000°C). Riuscire a capire la temperatura di una stella semplicemente osservando il suo colore con il vostro telescopio, non è già una grande emozione?

Oltre alle singole stelle, utili per mettere alla prova lo strumento appena arrivato e cominciare a immergersi nel cielo più profondo, vi è tutta una grande famiglia di oggetti diffusi, ovvero angolarmente piuttosto estesi, spesso più del diametro della Luna piena vista a occhio nudo. Questi sono gli oggetti per eccellenza da osservare: nebulose, ammassi stellari, galassie, chiamati anche oggetti deep-sky (del cielo profondo).

Tutte le nebulose, ammassi aperti e galassie sono piuttosto deboli: per l'osservazione migliore vi serve assolutamente un cielo più scuro possibile.

Per osservare con profitto questi oggetti il consiglio è di spostarvi in una zona priva di luci e osservare quando il cielo è molto trasparente e in assenza completa della Luna. Migliore è la qualità del cielo, migliore sarà la visione e i dettagli deboli che riuscirete a osservare; l'inquinamento luminoso va evitato il più possibile. Contrariamente ai pianeti e alla Luna, nei quali la luce è abbondante e tutto ciò che serve è la stabilità atmosferica, gli oggetti deep-sky sono tutti molto estesi, a volte più della Luna piena vista a occhio nudo, ma migliaia di volte più deboli. I luoghi migliori per questo tipo di osservazioni si hanno quindi in montagna, dove l'aria è estremamente tersa e il cielo è molto più trasparente che in pianura. Nelle grandi città è praticamente impossibile osservare gli oggetti deep-sky con profitto.

Ma cosa sono gli oggetti deep-sky?

Sono la porta per la conoscenza del nostro Universo, attraverso il nostro strumento e le nostre forze. Dei disegni cosmici bellissimi, diversi l'uno dall'altro, dalle dimensioni variabili tra decine di anni luce e centinaia di migliaia (le galassie).

Vale la pena ricordare che un anno luce è la distanza percorsa da un raggio di luce in un anno. Nel vuoto dello spazio la luce ha una velocità fissata e molto prossima a 300000 km/s, percorrendo in un anno la distanza astronomica di circa 9500 miliardi di km. Immaginate quindi questi disegni cosmici così perfetti e delicati estesi per miliardi di miliardi di km, culla di decine di stelle simili al Sole e, perché no, di altrettanti pianeti simili alla Terra.

La forma delle galassie, isole di miliardi di stelle, è qualcosa che non si può dimenticare e lascia letteralmente senza parole ogni osservatore. Quelle girandole così perfette che presto analizzeremo sono i mattoni dell'Universo, i luoghi da dove nascono e si sviluppano tutte le stelle. Ogni galassia contiene in media 100 miliardi di stelle e si pensa che nell'Universo che è possibile osservare ne esistano qualcosa come 500 miliardi.

Programmare le osservazioni

Ogni serata osservativa, soprattutto se deep-sky, dovrebbe essere pianificata per ottimizzare il tempo e sapere come muoversi durante le osservazioni. Il cielo, in effetti, è un luogo immenso, nello spazio e nel tempo; gli oggetti da osservare sono potenzialmente migliaia sparsi in ogni costellazione, per questo motivo serve una minima preparazione alle vostre osservazioni.

Prima di tutto ci si deve procurare un software che preveda l'aspetto della sfera celeste per un determinato giorno, come peraltro è stato già detto nel corso di questo volume. Questo software (io consiglio Cartes du Ciel) è la base per programmare il vostro viaggio, il navigatore che vi mostrerà quello che si può osservare, quando e dove.

Se in cielo è presente la Luna, allora ci si deve dirigere gioco forza sul nostro satellite o sui corpi brillanti, come i pianeti, le stelle doppie e al limite qualche ammasso aperto. Queste osservazioni possono essere condotte anche da un cielo non scuro, quindi non sarà necessario doversi spostare.

Se volete osservare gli oggetti del cielo profondo, è necessario scegliere un giorno in cui la Luna non dia fastidio (la settimana a cavallo del novilunio è perfetta), un cielo adeguato e fare una lista degli oggetti che si vogliono osservare.

Se ci si deve spostare di alcuni chilometri, è meglio andare in compagnia e portare l'abbigliamento adatto per affrontare il freddo della notte, sempre presente anche in estate. Fare una lista degli accessori che servono è molto utile: naturalmente il telescopio, gli oculari, i filtri, le mappe del cielo da consultare alla ricerca degli oggetti celesti, una torcia rossa, un po' d'acqua (o the e caffè caldi) e cibo per la serata. Le osservazioni saranno

molto più piacevoli se starete comodi, al caldo e rilassati, quindi fate di tutto per ottenere il massimo comfort.

Se si tratta della vostra prima osservazione con il telescopio, scegliete una lista di oggetti facili da osservare. Nelle notti primaverili è possibile dirigersi verso le galassie, quali M51, M63 nei Cani da Caccia, M81-82 nell'Orsa maggiore, l'ammasso della Vergine, tra la Vergine e il Leone. Nelle notti estive vi potete gustare molte nebulose e ammassi stellari in piena Via Lattea: M13, M92 nella costellazione di Ercole sono globulari bellissimi da osservare. M22, M8, M20 sono oggetti estremamente interessanti, posti nel Sagittario. Quasi sopra le nostre teste, nella costellazione della Lira, si trova la planetaria M57; poco più in basso, nella costellazione della Volpetta, c'è M27, altra nebulosa planetaria.

In autunno è possibile osservare le Pleiadi (M45) sorgere ad est, o la grande galassia di Andromeda (M31), facilmente visibile anche a occhio nudo. In inverno le costellazioni dell'Auriga, di Perseo e di Cassiopea mostrano molti ammassi stellari aperti, mentre a cavallo dell'equatore celeste Orione e la sua grande nebulosa (M42) offrono uno degli spettacoli più belli del cielo.

Qualche consiglio per un'osservazione proficua

A prescindere dal tipo di oggetti che state per puntare con il vostro strumento, qualche semplice consiglio pratico vi eviterà problemi e delusioni.

Non osservate mai da dietro le finestre o in coincidenza con forti fonti di calore, come i tetti caldi delle case o una strada esposta al Sole per tutto il giorno. Evitate anche di osservare oggetti posti molto in basso sull'orizzonte. Lo scintillio di colori che spesso vedrete è causato dalla turbolenza della nostra atmosfera che devia, modifica e attenua la luce di ogni oggetto posto fuori di essa. Se ammirare con il telescopio una stella bassa sull'orizzonte può essere affascinante per rimanere rapiti dalla variazione dei colori prodotti dall'atmosfera terrestre, una proficua osservazione dello spazio profondo deve essere fatta minimizzando questo disturbo, ergo dirigendovi verso oggetti alti sull'orizzonte.

Scelti gli oggetti da osservare e la serata adatta, portate fuori il telescopio almeno un'ora prima di iniziare, con le ottiche ancora coperte. Questo tempo di acclimatamento serve alle ottiche a raggiungere la temperatura dell'ambiente e fornire immagini di elevata qualità.

Se avete una montatura equatoriale potete fare lo stazionamento mentre aspettate.

Allineate il cercatore e controllate la collimazione, se intendete osservare i pianeti o se notate immagini di scarsa qualità. Mettete a portata di mano tutti gli accessori che vi serviranno, in particolare gli oculari.

Osservare, non vedere

C’è una bella differenza tra vedere e osservare.

L’osservare un oggetto implica attenzione ai dettagli, alle deboli sfumature, ai contrasti al limite della percezione, ben lontano dal semplice vedere senza alcuna attenzione.

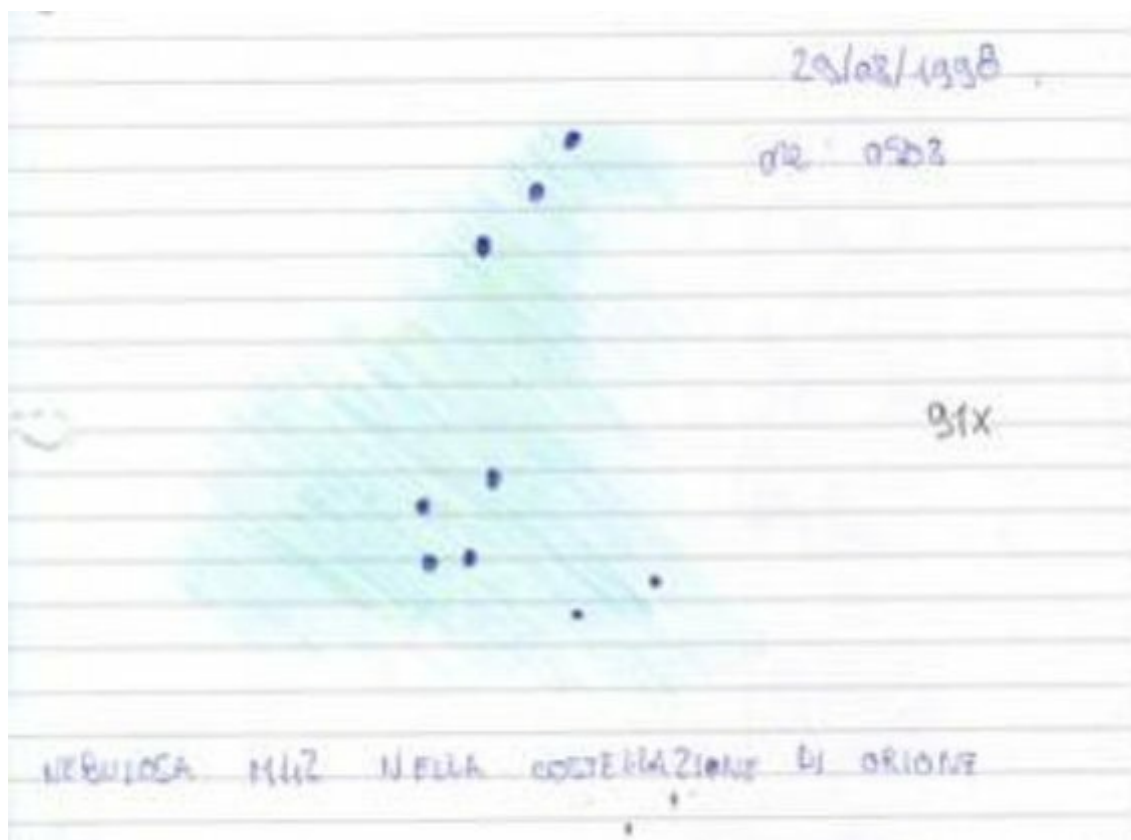
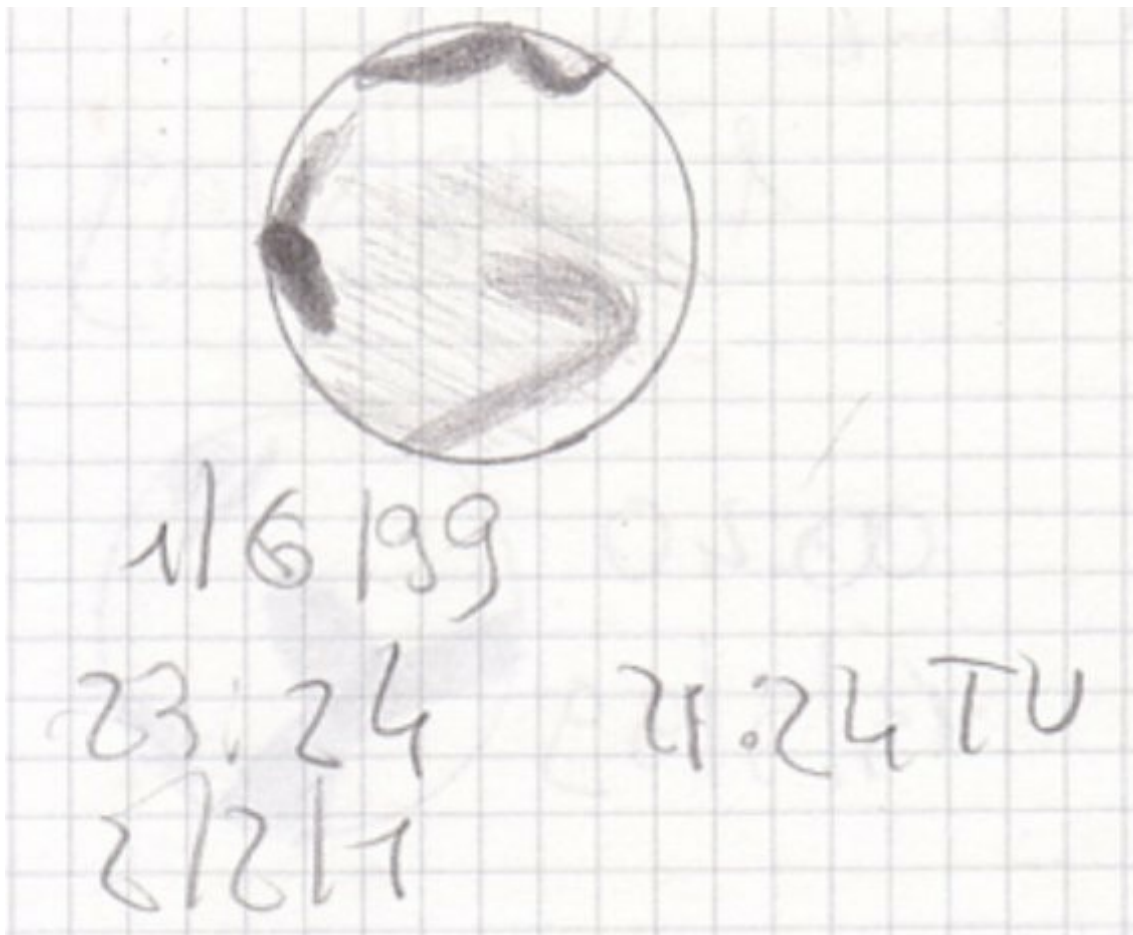
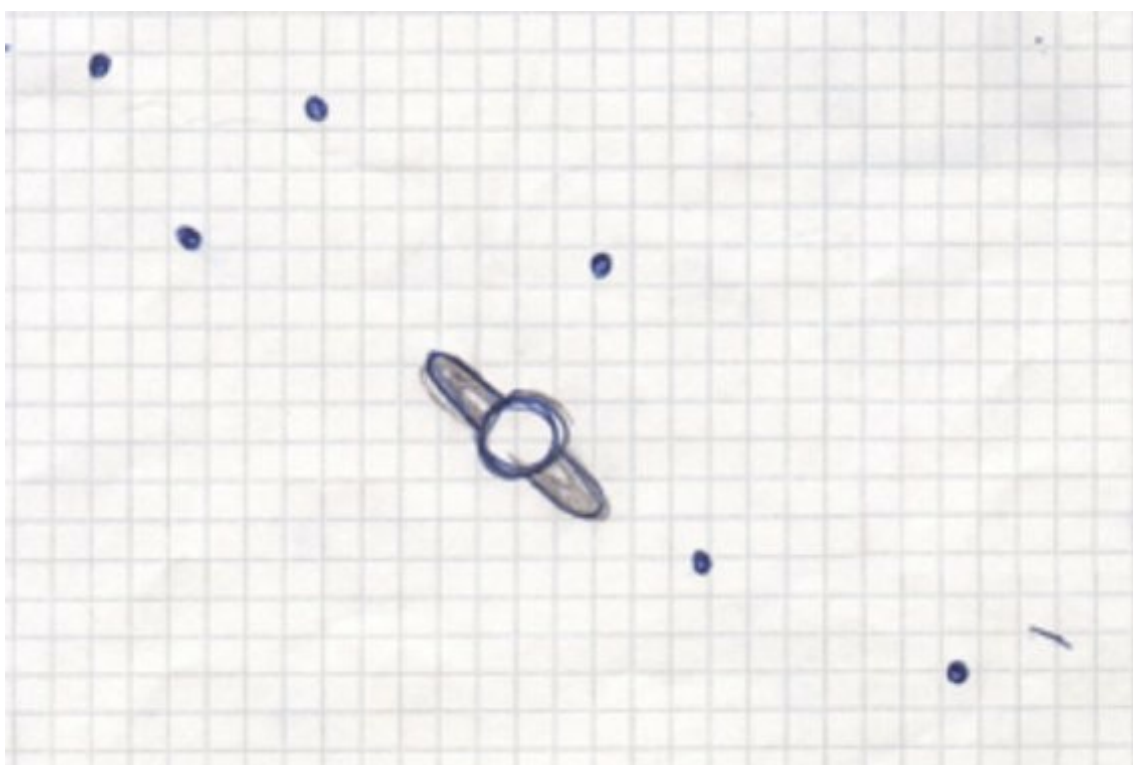
L’osservazione telescopica deve essere condotta con calma, pazienza, comfort e attenzione. Ogni oggetto alla prima occhiata vi sembrerà piccolo, debole e povero di dettagli; uno sguardo più attento vi rivelerà invece molto di più. In un certo senso, l’osservazione è più proficua quanto maggiore sono calma e rilassatezza dell’osservatore.

L’occhio deve essere allenato osservazione dopo osservazione.

Non vi scoraggiate se le prime osservazioni saranno difficoltose, se trovare ogni oggetto celeste sembra di una fatica estrema: la pazienza è la vostra arma, nessuno nasce già in grado di fare perfettamente qualsiasi compito.

Annotare e disegnare

Imparate a tenere un diario delle osservazioni, ad annotare gli oggetti visti, le impressioni, la qualità del cielo, eventuali curiosità. Prendere appunti mentre si è al telescopio è un ottimo modo per ordinare e dare maggiore significato al tempo speso all'oculare dello strumento. Abituatevi anche a disegnare gli oggetti e i dettagli che osservate. Non sono necessari talenti particolari, solamente una matita e un foglio di carta. Naturalmente i disegni vanno fatti al buio o con la luce della vostra lampada rossa, per non rovinare l'adattamento dell'occhio.

I vostri disegni e annotazioni sono un ottimo strumento per fare esperienza e per notare i miglioramenti che farete nel tempo, nonché per scoprire tutte le meraviglie dell'Universo.

I primi disegni e osservazioni di un astrofilo alla scoperta dell'Universo. La grande nebulosa di Orione, con il trapezio centrale circondato da una tenue nebulosità azzurro-verde.

Disegno di Marte eseguito osservando all’oculare di un rifrattore da 90 mm f10. Nell’osservazione dei pianeti è necessario annotare l’orario in tempo universale (TU, orario di Greenwich).

La prima osservazione di Saturno non si può certo dimenticare; gli anelli

sono incredibili da osservare, anche se molto difficili da disegnare! Telescopio rifrattore da 90 mm f10.

Il puntamento degli oggetti celesti

Centrare gli oggetti nell'oculare del telescopio è forse l'operazione più difficoltosa da affrontare all'inizio.

Avete già imparato che per puntare gli oggetti celesti bisogna utilizzare il cercatore, il piccolo cannocchiale montato in parallelo al vostro telescopio.

Il cercatore, però, va prima allineato, puntando un lontano oggetto con lo strumento principale.

L'allineamento preciso del cercatore è un'operazione fondamentale, che fa la differenza tra il rintracciare con facilità o non trovare affatto tutti gli oggetti celesti.

Ma il cercatore a volte può non essere sufficiente; ed ecco che dobbiamo inventarci altri metodi per trovare l'oggetto che vogliamo osservare.

Il cercatore si trova parallelo al telescopio. Per puntare gli oggetti deve essere allineato, muovendo le viti che lo tengono nel suo supporto.

Il puntamento attraverso il cercatore è quello di gran lunga più utilizzato e immediato da eseguire.

L'allineamento del cercatore è una fase che andrebbe eseguita di giorno e con calma, almeno per le prime volte.

Puntate un lontano dettaglio di piccole dimensioni con lo strumento principale e un oculare dal basso ingrandimento. È preferibile che il dettaglio sia terrestre, come un lampione, un campanile, un'antenna, in modo da non dover considerare il moto di rotazione della Terra. Spegnete eventuali motori, che non vi serviranno, serrate bene gli assi della montatura affinché non si sposti durante la fase di allineamento. A questo punto osservate

nel cercatore. Al centro del crocicchio dovrebbe esserci ciò che vedete al centro dell'oculare, ma quasi sicuramente non sarà così. Se questo è il vostro caso, muovete le viti che lo serrano (3 o 6) fino a quando il centro del cercatore inquadra lo stesso dettaglio puntato con il telescopio.

La prima fase dell'allineamento è compiuta, adesso bisogna affinarlo inserendo nel telescopio un oculare dall'elevato ingrandimento, attorno alle 150 volte.

La procedura è la stessa: ponete il dettaglio inquadrato al centro dell'oculare e fate in modo, agendo sulle viti di regolazione, che si venga a trovare esattamente al centro del reticolo del cercatore. Raggiungere un'ottima precisione è fondamentale nelle successive fasi di puntamento degli oggetti celesti.

Una volta allineato con precisione, non toccate più le viti o il cercatore stesso: quelli che equipaggiano i telescopi economici tendono a disallinearsi con facilità, quindi meglio evitare urti o movimenti improvvisi. È consigliato controllare l'allineamento all'inizio di ogni sessione osservativa, perché quando il telescopio viene riposto in casa non è raro che si disallinei leggermente.

Un cercatore ben allineato permette di puntare tutti gli oggetti che sono visibili a occhio nudo o attraverso le sue lenti, quindi tutti quelli più brillanti della magnitudine 8. In queste situazioni, per trovare e puntare un oggetto possiamo dirigerci direttamente su di esso, magari aiutandoci con una mappa.

Ben più difficile la situazione quando non si hanno punti di riferimento, o quando il corpo celeste da puntare non è visibile attraverso le piccole lenti dei cercatori e non disponiamo di una montatura con puntamento automatico.

In questi casi abbiamo due tecniche di puntamento, una più pratica, l'altra più complessa.

Quando un dettaglio terrestre centrato nell'oculare è anche al centro del crocicchio del cercatore, allora esso è allineato e può essere utilizzato per puntare gli oggetti celesti.

Lo star hopping prevede di raggiungere un oggetto non visibile attraverso le lenti del cercatore avvicinandosi passo-passo, saltando di stella in stella. Questa è la tecnica più utilizzata ed efficace per trovare gli astri. Aiutandosi con una mappa si individua e si punta con il cercatore la stella visibile a occhio nudo più vicina all'oggetto da osservare e la si pone al centro del campo del telescopio, utilizzato con l'oculare dal

minor ingrandimento e maggior campo. A questo punto, aiutandosi con le stelle che si vedono nel cercatore, è possibile trovare la posizione dell'oggetto da puntare interpretando attentamente le mappe celesti in nostro possesso. Generalmente il punto è facile da individuare se si conosce il campo inquadrato dal cercatore e si è in grado di orientarsi tra le stelle visibili. È importante che le mappe in vostro possesso siano particolarmente precise e mostrino stelle oltre la sesta magnitudine. In questo modo si troveranno sempre due stelle abbastanza vicine all'oggetto per stimare la sua posizione. Quando è stata individuata, centratela con il cercatore e poi osservate al telescopio. L'oggetto puntato probabilmente non sarà al centro del campo dell'oculare, ma quasi sicuramente sarà visibile ai bordi o nelle immediate periferie.

Questa tecnica di puntamento è molto utile per tutti i corpi celesti del cielo profondo con magnitudini maggiori della 7,5-8.

Il puntamento attraverso i cerchi graduati si può effettuare solamente con le montature equatoriali ed è molto utile quando l'oggetto non è visibile né a occhio nudo né con il cercatore e non vi sono riferimenti abbastanza precisi per fare lo star hopping.

Una situazione tipica si ha quando si vogliono osservare Mercurio o Venere di giorno (perché è possibile!) o quando si vuole rintracciare un oggetto lontano dal disco galattico, in una zona nella quale vi sono davvero poche stelle (come succede nei pressi delle costellazioni dell'Orsa maggiore e del Drago). In questi casi si sfruttano i cerchi graduati della propria montatura equatoriale, che possono essere utilizzati come riferimenti equatoriali previa un'opportuna calibrazione.

Il metodo migliore è il seguente.

Puntate la stella visibile più vicina all'oggetto da puntare.

Aiutandovi con la mappa, o con un software per computer di simulazione del cielo, prendete nota delle coordinate equatoriali della stella. Muovete i cerchi graduati, facendo attenzione a non muovere gli assi della montatura, fino a impostare le coordinate della stella. Serrate le viti dei cerchi, sbloccate gli assi e muoveteli fino a raggiungere le coordinate dell'oggetto da puntare.

Se tutto è stato fatto a dovere, e se la precisione dei cerchi graduati è sufficiente (cosa rara per le montature più economiche), inserendo un oculare dal grande campo e modesto ingrandimento dovreste avere l'oggetto quasi al centro o nelle immediate periferie.

Questa tecnica è utile solamente se la montatura equatoriale è ben stazionata al polo e se la motorizzazione è attiva: in questi casi si ottengono notevoli precisioni anche per distanze di 40-50° rispetto alla stella usata per la calibrazione.

In tutte le montature equatoriali sono presenti i cerchi graduati per puntare gli oggetti celesti utilizzando le coordinate equatoriali.

Il puntamento automatico si effettua con le montature

(equatoriali e altazimutali) che possiedono un sistema atto a questo scopo, detto anche GOTO. Il principio è quello del puntamento attraverso i cerchi graduati, solamente che il procedimento viene fatto in automatico dal telescopio dopo un'opportuna fase di calibrazione, detta anche allineamento. Se la montatura è stata ben stazionata (nel caso di una equatoriale), questo metodo è piuttosto preciso e sicuramente il più veloce, sebbene, ma questo è un parere del tutto personale, non molto divertente.

L’orientazione delle immagini telescopiche

Le immagini prodotte da ogni telescopio (e ogni strumento ottico senza elementi correttivi) si presentano sottosopra, ovvero ruotate di 180°. Questa caratteristica è del tutto normale e non deve far pensare che il proprio strumento non funzioni correttamente.

Senza alcun accessorio aggiuntivo le immagini si presentano sotto-sopra, ovvero ruotate di 180°. Con il diagonale a specchio sono invertite; sono dritte solo con un raddrizzatore d’immagine.

Quando osserviamo gli oggetti del cielo, questa particolare proprietà di tutti i sistemi ottici non da alcun problema, poiché i

riferimenti “sotto” e “sopra” sono propri delle situazioni terrestri: nel cielo e nello spazio non esiste un sotto e un sopra, non c’è un’orientazione preferita delle immagini che vediamo.

Qualora fosse strettamente necessario, abbiamo visto che esistono degli elementi ottici aggiuntivi che provvedono a correggere l’orientazione dell’immagine. I diagonali a specchio raddrizzano l’immagine nel verso nord-sud, deviando il fascio ottico di 90°. L’osservazione con il diagonale a specchio è quindi anche più comoda rispetto alla classica, soprattutto con telescopi con fuoco posteriore. Il diagonale a specchio, come tutti gli specchi, inverte l’immagine nel senso est-ovest.

Esistono speciali accessori, chiamati raddrizzatori totali di immagini, che allo specchio sostituiscono dei prismi, per raddrizzare completamente l’immagine. L’utilizzo di questo accessorio è giustificato solo quando si osservano panorami terrestri, ed è sempre sconsigliato sul cielo. Il diagonale a specchio o il raddrizzatore totale raramente possono essere utilizzati sui telescopi Newton, a causa delle loro proprietà costruttive. In effetti, i Newton sono telescopi unicamente astronomici, mentre tutti gli altri, con questi accessori, possono essere utilizzati con profitto anche nelle osservazioni terrestri.

Capire la giusta orientazione delle visioni che abbiamo all’oculare di un telescopio è molto importante per orientarci, puntare gli oggetti e osservarli con maggiore profitto.

Per le prime osservazioni vi consiglio di non introdurre alcun elemento correttivo e lasciare le immagini capovolte. Le prime volte dovremmo prendere mano con questo strano modo di osservare, soprattutto nella fase del puntamento. Anche nel cercatore, infatti, le immagini sono capovolte: questo significa che se ci dobbiamo spostare verso destra, nel cercatore vedremo

le immagini scorrere al contrario, da destra verso sinistra.

Per puntare una stella che si trova più in alto di un'altra spostiamo il telescopio verso l'alto, ma se guardiamo nel cercatore si ha la sensazione di andare verso il basso. Se nello stesso campo inquadrato dal cercatore abbiamo più stelle, quelle più in alto si trovano, in realtà, più in basso, quelle più a destra sono in realtà più a sinistra.

In ogni caso, per trovare una stella a destra di un'altra dovete sempre spostare il telescopio verso destra, non facendovi ingannare dalla visione nel cercatore. Le direzioni celesti restano sempre le stesse, a prescindere dal tipo di visione nello strumento. Capire questo comportamento è più facile con un po' di pratica che con le parole e vi sarà molto utile per orientarvi e puntare correttamente gli oggetti.

Un piccolo trucco è molto utile nelle prime esperienze: quando dovete centrare gli oggetti con il cercatore, con un occhio osservate dentro e con l'altro, contemporaneamente, osservate il cielo per orientarvi correttamente tra le stelle.

L'orientazione delle immagini è importante anche quando siamo al telescopio e magari vogliamo disegnare o annotare con cura le nostre osservazioni. In questi casi non bisogna riferirsi al proprio orizzonte, ovvero alle direzioni alto-basso e destra-sinistra, piuttosto ai punti cardinali celesti, ovvero il polo nord celeste (la stella Polare), il sud celeste (il meridiano degli astri), l'est e l'ovest.

Capire la giusta orientazione non è semplice; aiutiamoci con un esempio.

Supponiamo di osservare un oggetto posto sull'equatore celeste, all'istante del passaggio in meridiano. Per le località italiane, questo oggetto avrà un'altezza pari a circa 45° e si

troverà verso sud. Un ottimo punto di riferimento può essere la nebulosa di Orione osservata alle 23 locali del 15 Gennaio di ogni anno. All'instante del passaggio in meridiano, il polo nord celeste si trova esattamente dietro, il sud è di fronte, l'est a sinistra e l'ovest a destra. Al telescopio l'immagine è ruotata di 180°, quindi il sud si troverà in alto, il nord in basso, l'est a destra e l'ovest a sinistra.

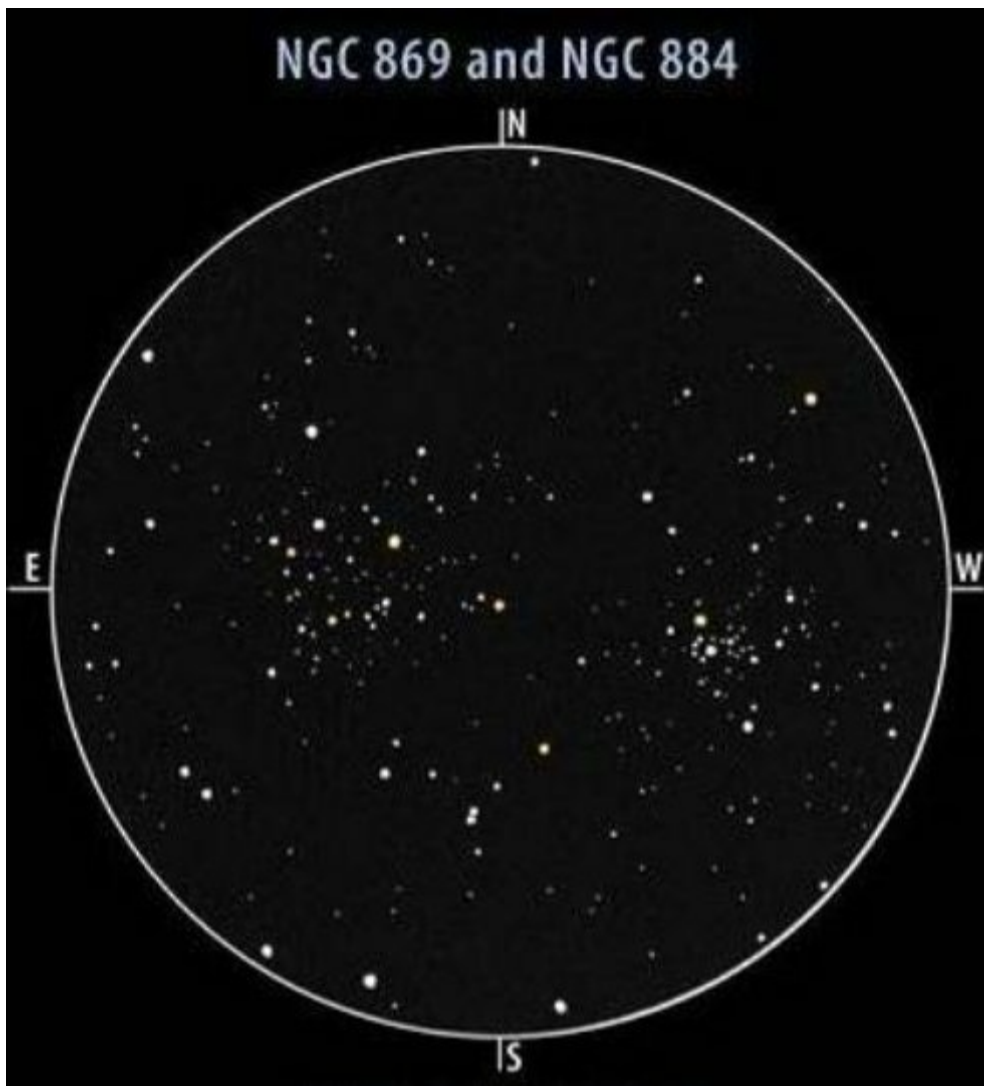
Determinare l'orientazione degli oggetti in meridiano è semplice, perché le coordinate celesti sono uguali a quelle locali dell'osservatore.

Quando una costellazione non si trova in meridiano, essa appare ruotata rispetto al nostro orizzonte, ma non lo è rispetto ai punti della sfera celeste.

Se non stiamo osservando in meridiano, il nord e il sud celesti nell'oculare del telescopio non saranno né in alto, né in basso rispetto a noi, ma inclinati. Se sapete dove si trovano i punti cardinali celesti, sarete in grado di orientare correttamente ogni immagine.

Se possedete una montatura equatoriale, rintracciare i punti cardinali celesti è molto semplice. L'asse di declinazione si muove sempre verso il polo nord e il polo sud celesti, quindi muovendolo leggermente sapete riconoscere l'orientazione di questi due punti. L'asse di ascensione retta si muove sempre verso l'est e l'ovest, quindi un piccolo spostamento vi farà individuare la retta dove posizionare questi due punti cardinali.

Orientare correttamente le immagini è molto importante nelle osservazioni delle stelle doppie. L'angolo di posizione, caratteristica di tutti i sistemi doppi, è la distanza angolare tra le stelle e il polo nord celeste. Se riusciamo a individuare e misurare questo angolo, anche in modo approssimato, possiamo dare

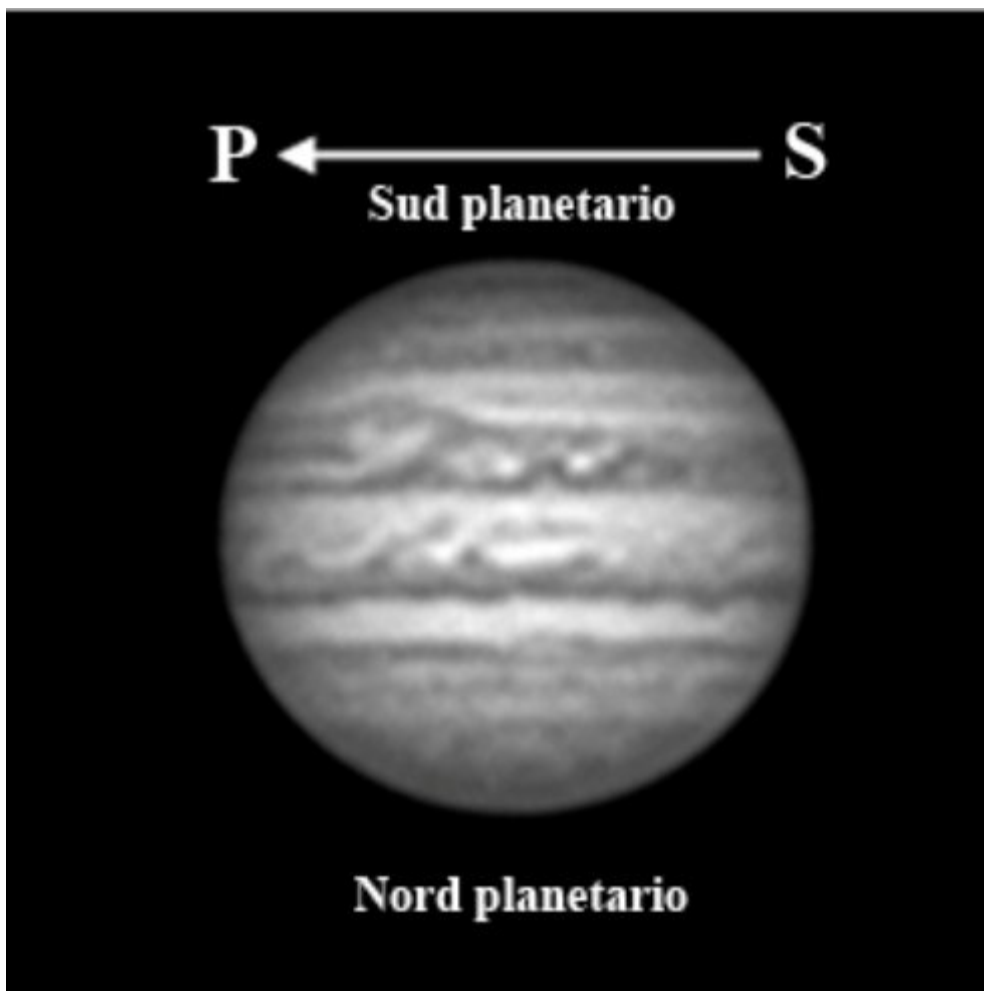
maggiore valore alle nostre osservazioni, perché facilmente verificabili.

Orientare correttamente le proprie osservazioni è un ottimo metodo per tenerle in ordine e per confrontarle con quelle di altri osservatori o degli atlanti celesti.

Nelle osservazioni planetarie si è soliti riferire l'orientazione dell'immagine rispetto al pianeta stesso, identificando il suo polo nord e il suo polo sud.

Nella visione telescopica, quindi invertita, i pianeti brillanti, quando raggiungono il meridiano, presentano il sud in alto rispetto all'orizzonte dell'osservatore e il nord in basso. Per l'est o l'ovest bisogna chiarire le cose: se ci riferiamo ai punti cardinali della sfera celeste o ai punti cardinali del pianeta.

Generalmente ci riferiamo proprio a questi; per non essere ambigui si è soliti identificare il bordo P, ovvero quello che precede, e il bordo S, quello che segue. In altre parole, al posto dell'est o dell'ovest si identifica il verso di rotazione del pianeta.

La rotazione dei pianeti si compie dal bordo S a quello P; non a caso P acquista il significato di precedere la rotazione planetaria rispetto al bordo S che lo segue.

Per Marte, Giove, Saturno e Mercurio la rotazione si compie come per la Terra. Secondo la visione telescopica, quindi, se il sud planetario è in alto, il bordo P si trova a sinistra, quello S a destra e la rotazione si compie in senso orario. Per avere le idee più chiare basta osservare come si muovono due particolari nel corso di una ventina di minuti e identificare senza dubbio il bordo S (dove si trovano prima) e P (dove si sono diretti nel corso del tempo).

L'orientazione delle immagini planetarie prende in esame i poli del pianeta e il senso della rotazione, che si compie dal bordo S a quello P (in questo caso in senso orario).

Costellazioni

Questa rubrica è tratta dal libro: “La mia prima guida del cielo”.

Se avete un telescopio, magari da poco tempo, e volete cercare degli oggetti che non sapete come trovare, questa è la

sezione che fa per voi.

Ogni mese, compatibilmente con il periodo dell'anno in cui verrà rilasciato il nuovo numero, troverete uno zoom su due costellazioni interessanti, con una mappa contenente stelle fino alla magnitudine 7 e oggetti fino alla magnitudine 11, una breve descrizione, un cenno ai racconti mitologici (qualora presenti) e una lista, completa di immagini e disegni, degli oggetti del cielo profondo più facili da osservare.

Tutti gli oggetti deep-sky elencati sono alla portata anche di un piccolo strumento da 10 centimetri di diametro, e se avete una buona vista e un cielo scuro anche di un classico binocolo 10X50.

Non troverete immagini professionali, ma spesso disegni effettuati da altri osservatori con telescopi amatoriali. In questo modo spero di evitarvi il pericolo più grande dell'astronomia pratica: creare false aspettative.

L'osservazione visuale, infatti, non è neanche lontana parente della fotografia astronomica, in particolare per quanto riguarda i colori, invisibili quasi completamente con qualsiasi telescopio si osservi. Ma l'idea di poter osservare con i propri occhi, attraverso il proprio strumento, e quasi toccare quell'indistinto batuffoletto irregolare, che in realtà è un oggetto reale, posto a distanze inimmaginabili e di dimensioni inconcepibili appartenente a un Universo meravigliosamente perfetto, regala una soddisfazione che nessuna macchina fotografica o schermo di computer potranno mai regalare, né ora, né mai.

Auriga – Cocchiere	In meridiano alle 22 del 20 Dicembre

Descrizione

Auriga, secondo le leggende greche, era un cocchiere che trasportava sulle spalle una capra e in una mano due capretti. Questa figura veniva identificata con Eretteo, figlio di Efesto, il dio del fuoco che si era costruito un carretto per trasportare il suo corpo malridotto.

Auriga è una costellazione invernale, facile da individuare, situata in piena Via Lattea. È dominata da Capella, una stella molto brillante simile al Sole, sebbene più grande, distante 50 anni luce. La costellazione contiene molti ammassi stellari e nebulose.

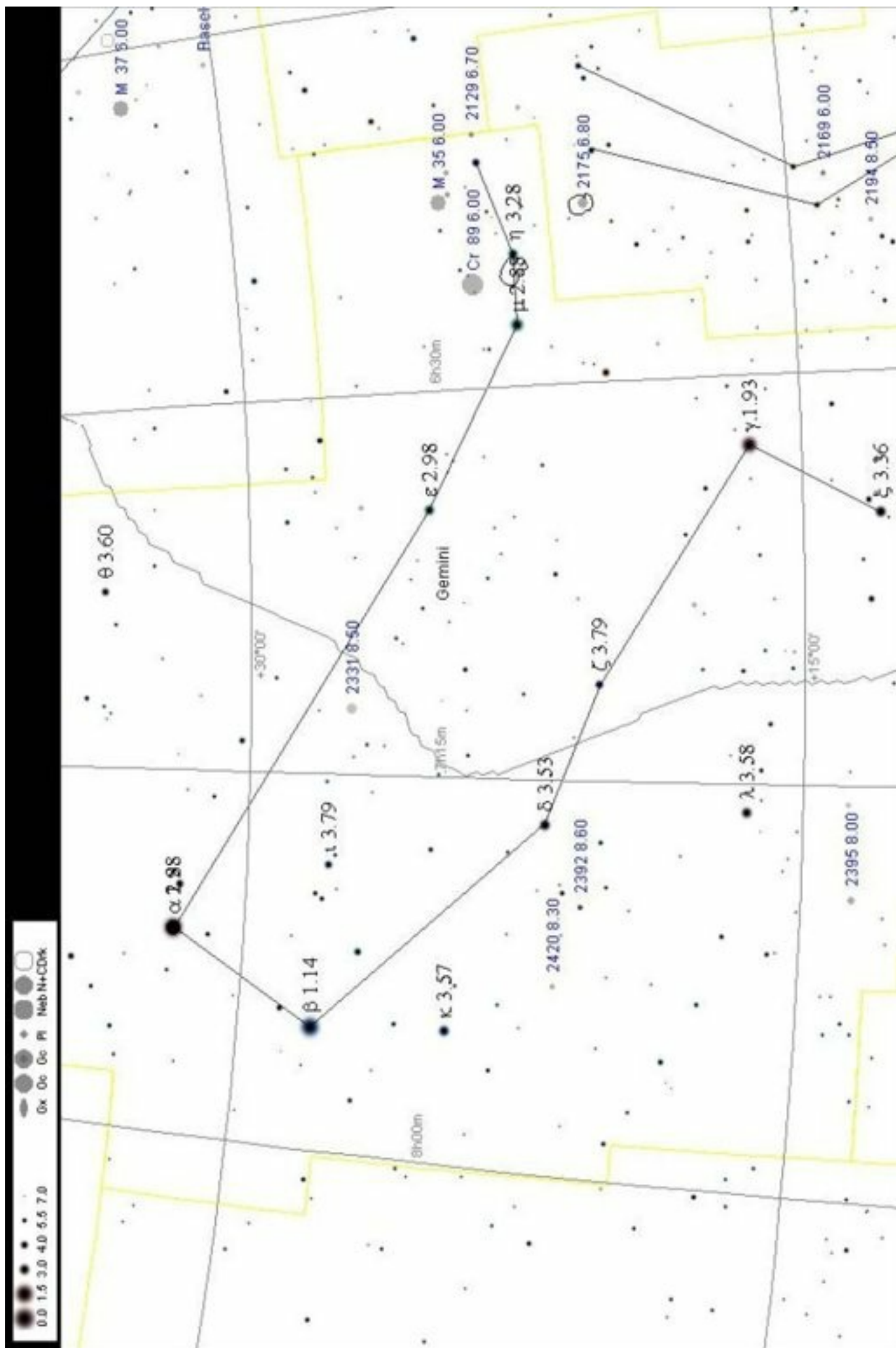
Oggetti principali

M36: Ammasso aperto 5° a sud-ovest di Capella (la stella alpha), molto bello con un binocolo e qualsiasi telescopio a bassi ingrandimenti, strumenti che vi mostreranno una sessantina di stelle di circa magnitudine 8.

M37: Ancora più grande ed esteso di M36, questo ammasso aperto può essere addirittura avvistato a occhio nudo come una debole condensazione. Esteso più del diametro apparente della Luna, mostra i suoi dettagli a tutti gli strumenti astronomici, a patto di usare ingrandimenti inferiori alle 100 volte.

M38: Ammasso aperto più piccolo, compatto e debole degli altri due. È facile da individuare con un binocolo ma per essere risolto in stelle richiede un telescopio, anche di modesto diametro, ad esempio 100 mm.

L’ammasso aperto M37 osservato con un piccolo telescopio.

Gemini – Gemelli	In meridiano alle 22 del 1 Febbraio

Descrizione

I gemelli Castore e Polluce erano gli eroi greci che seguirono Giasone alla ricerca del vello d'oro. Durante una tempesta essi salvarono anche la nave Argo dal naufragio. Le due stelle più luminose sono proprio i due gemelli Castore (α) e Polluce (β). Costellazione zodiacale facile da identificare nel cielo invernale.

Oggetti principali

Castore: La stella a è in realtà un sistema multiplo formato da ben sei stelle, di cui tre visibili al telescopio. Le due componenti principali hanno magnitudini di 1,9 e 2,8, separate da appena 2,5”. La terza componente, di magnitudine 9,3, si trova a circa 70”. Tutti gli strumenti mostrano quest’ultima, ma solamente telescopi dai 100 mm in su, utilizzati a forti ingrandimenti, mostrano le due stelle principali.

M35: Ammasso aperto brillante e suggestivo attraverso un binocolo da almeno 50 mm di diametro e 10 ingrandimenti. Stupendo con ogni telescopio, dal più piccolo al più grande, a patto di non eccedere con gli ingrandimenti.

NGC2158: Altro ammasso aperto, “fratello minore” di M35. È uno dei più distanti, essendo posto a circa 16000 anni luce. Per risolverlo in stelle occorre uno strumento da 120-150 mm e medi ingrandimenti (100X).

NGC2392: Nebulosa planetaria dal diametro di circa 40”, simile al diametro apparente medio di Giove. L’osservazione attraverso ogni telescopio mostra un bel gioco di colori: la nebulosa appare di una tenue tinta blu-verde, mentre la stella centrale è bianca.

L'ammasso aperto M35 visto con un telescopio da 200 mm. In basso a destra la piccola sagoma del debole globulare NGC2158.

Astrofotografia

Questa classica sezione sarà il contenitore nel quale convoglieranno preziosi consigli su come intraprendere la difficile ma estremamente appagante strada della fotografia astronomica.

Inizieremo dal basso, da alcune semplici applicazioni, per poi giungere, insieme, alle tecniche necessarie per ottenere le splendide immagini che è possibile ammirare in rete.

Se volete approfondire vi consiglio il libro: “Tecniche, trucchi e segreti dell’imaging planetario” per la fotografia dei pianeti, o: “Tecniche, trucchi e segreti della fotografia astronomica” per riprendere nebulose, galassie e ammassi stellari, con o senza telescopio.

Tecnica di elaborazione delle immagini planetarie

Il procedimento che trasforma i singoli fotogrammi di un video di un pianeta nell'immagine raw da elaborare è soprannominato stacking, termine inglese che significa letteralmente "impilamento" e caratterizza la fase in cui i migliori frame di un video planetario vengono allineati gli uni sugli altri e poi mediati.

Una corretta fase di stacking è importante tanto quanto la ripresa, ma fortunatamente dipende da molte meno variabili e non è di certo influenzata dall'imprevedibilità e spesso sadismo del seeing atmosferico!

In altre parole: dipende tutto da noi.

Come si effettua la scelta dei migliori fotogrammi e il successivo step di allineamento e somma? Agli albori dell'astroimaging in alta risoluzione, a cavallo del nuovo millennio, spesso si doveva fare quasi tutto a mano, soprattutto la tediosa operazione di visualizzazione e selezione dei frame. In un filmato che ne contiene almeno un migliaio, si capisce come la nostra salute mentale possa essere messa a rischio. Ora fortunatamente possiamo star tranquilli, perché ci sono dei software, per di più gratuiti, che effettuano tutto il lavoro sporco al posto nostro, a patto di saperli configurare.

I programmi più utilizzati sono pochi: IRIS, riservato ai nostalgici della riga di comando, Registax, il migliore fino a poco tempo fa, Autostakkert, una new entry rivoluzionaria quanto a velocità e semplicità, e Avistack, riservato alle elaborazioni solari e soprattutto lunari.

Del programma IRIS ne sentiremo parlare molto, ma ormai per la fase di stacking è obsoleto e inutilmente macchinoso.

Molti astroimager hanno utilizzato Registax per molto tempo, ma con le recenti versioni il programma è diventato inspiegabilmente complesso e inaffidabile. L'ultima versione user friendly e pienamente efficiente è la numero 5, ancora reperibile in rete.

Autostakkert, giunto alla versione 2, è il software più semplice, veloce e affidabile, ormai utilizzato da tutti i più importanti astroimager per effettuare la fase di stacking. L'unico difetto, se così vogliamo chiamarlo, è che non permette la successiva elaborazione dell'immagine raw creata, che quindi deve essere aperta e processata con altri software, tra cui Registax o IRIS.

Tutto molto interessante (spero!), ma come si usano questi programmi?

Per una descrizione del funzionamento i relativi tutorial sono ideali e quindi non ne creerò di nuovi qui. Noi però adesso andremo a vedere quali sono i comandi da capire e come ottenere senza troppi fronzoli le nostre immagini raw.

Lo stacking con Registax

Il funzionamento del programma liberamente scaricabile da questo indirizzo:

http://www.astronomie.be/registax/download.html.

è relativamente semplice. Per la sua maggiore affidabilità e semplicità qui utilizzerò esempi tratti dalla versione 5. I concetti di base restano gli stessi anche per le successive, ma a mio avviso non conviene utilizzarle.

Il programma è suddiviso in schede che si attivano solo quando sono stati completati i passi minimi richiesti. Nella principale si deve prima di tutto selezionare il proprio filmato che può essere in formato .avi a 8 bit, in .ser a 12 bit oppure una sequenza di immagini di tutti i tipi. Non è mai conveniente riprendere sequenze di immagini, ma se per qualche motivo ne abbiamo, Registax non si fa problemi.

Completata l'operazione nell'area principale compare il primo frame della sequenza. Scorrendo a destra o sinistra con le frecce è possibile visionare l'intera sequenza. In alternativa si può muovere con il mouse il piccolo cursore in basso, sopra la scritta "frames" che corre da destra a sinistra per quasi l'intera finestra del programma. Oltre a visionare il filmato, la visualizzazione della sequenza serve per il primo punto fondamentale: la scelta di quello che è chiamato "Best frame", ovvero l'immagine singola migliore della sequenza. È l'operazione sicuramente più delicata perché il programma, in base alla nostra scelta, andrà poi a calcolare la qualità di tutti gli altri frame, quindi a mediare solo i migliori. Ma se il frame che scegliamo come riferimento è rovinato dal seeing, la qualità dell'intera fase di stacking potrebbe risultare compromessa.

Prendiamoci del tempo per selezionare un fotogramma che ci appare ricco di dettagli e non distorto dal seeing: ne vale sicuramente la pena.

Ora dobbiamo fare un po' di chiarezza sui parametri da regolare nei menu a sinistra. Per le prime applicazioni (a dire la verità vale quasi sempre) possiamo lasciare quasi tutto di default. Personalmente cambierei solamente qualcosa nel menu "quality settings", nel quale al posto del metodo "Gradient" preferirei quello "Classic". In realtà alcuni astroimager preferiscono proprio il "Gradient", ma la verità è che poco o nulla dovrebbe cambiare. Di cosa si tratta? Dei metodi che il programma utilizza per stimare la qualità dei frame. Contrariamente a noi esseri umani, il computer non vede direttamente il pianeta e non sa distinguere "a occhio" se un frame è buono oppure no. Servono dei parametri oggettivi, dei numeri o delle funzioni che in qualche modo descrivono quello che noi inconsciamente facciamo per capire se un fotogramma è buono oppure no.

In rete si trovano diverse discussioni su quale sia il metodo migliore; personalmente con il "classic" non ho mai avuto problemi, a patto di selezionare nella scheda laterale del "quality settings", nel menu "quality filter" i valori Start = 1, Width = 6 per il "Classic" e Start = 4 per "Human". Tornando nella scheda Alignment Options l'altro parametro da regolare è la "Lowest quality" all'interno del menu "Quality settings". Senza scendere troppo nei dettagli, questo valore dice al programma qual è la differenza massima di qualità tra i frame che possiamo tollerare. In pratica dice al programma quali fotogrammi utilizzare per l'allineamento e la media e quali invece scartare. Questo è sicuramente un parametro fondamentale, perché un'ottima immagine RAW deve essere composta solamente da frame non

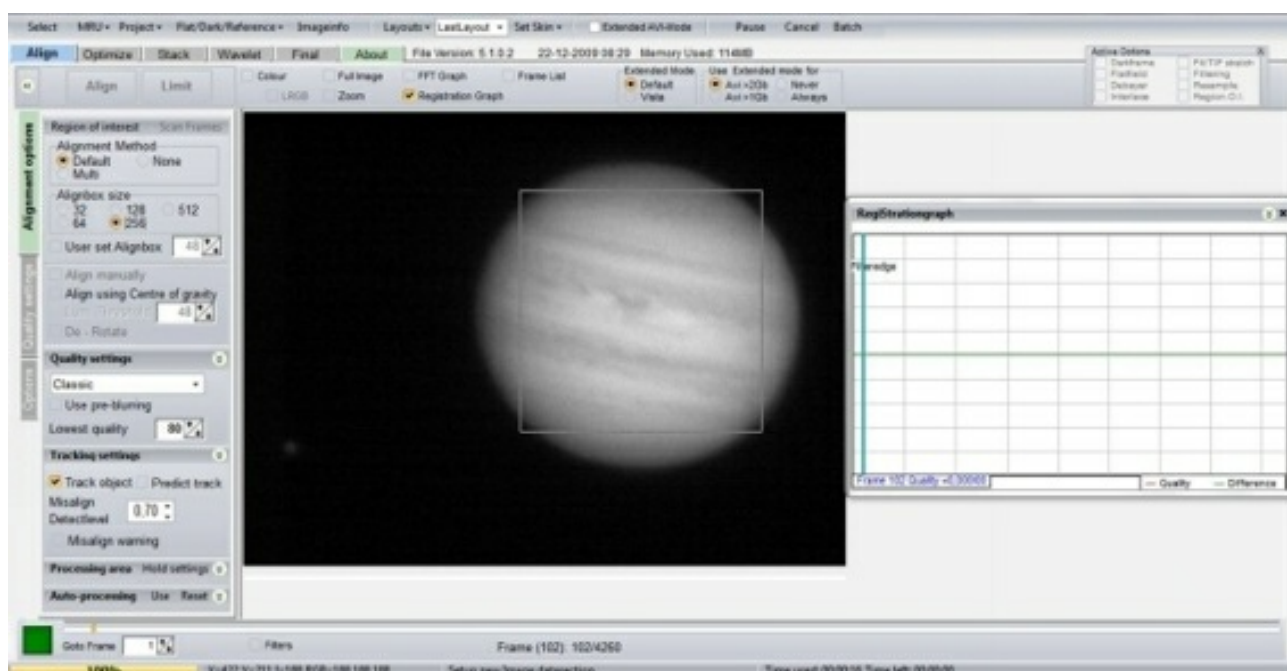
rovinati dalla turbolenza, scartando accuratamente quelli invece che presentano evidenti distorsioni e dettagli sfocati. Registax, se opportunamente impostato, fa la selezione al posto nostro, evitandoci un lavoro abnorme e incommensurabilmente noioso. Generalmente il valore di default è 80; meglio lasciarlo così, tanto poi si potrà muovere a piacimento osservando direttamente i frame.

Prima di dare il via all'allineamento, meglio spuntare l'opzione "Registration graph" nella lista delle opzioni disponibili in alto, proprio sopra la sequenza dei fotogrammi. Questa operazione è da ripetere una sola volta e ci fa comparire un grafico che sarà molto utile tra poco.

Personalmente selezionerei anche l'opzione "Frame list", sempre in alto, che fornisce la lista di tutti i fotogrammi del video. Ma non si tratta di un mero elenco. Nel riquadro infatti possiamo deselezionare manualmente tutti i frame che vogliamo. Questa operazione è spesso superflua, ma nel caso in cui il video per brevi istanti è risultato disturbato a causa di una nuvola, di un tocco dato accidentalmente al telescopio, di vibrazioni o problemi ai motori, può risultare utile deselezionare i frame coinvolti per evitare che il programma incontri problemi di allineamento e fallisca. Il consiglio è semplice: tutti i movimenti improvvisi e i sobbalzi che spostano l'immagine di diverse decine di pixel vanno eliminati. Se il corpo celeste si sposta gradualmente il programma non ha problemi, altrimenti potrebbe non riuscire nell'allineamento.

Bene, siamo quasi pronti per iniziare l'analisi dei frame. Torniamo di nuovo nei menu a sinistra, sempre all'interno della scheda "Alignement options" e selezioniamo la dimensione appropriata del riquadro per l'allineamento, contraddistinto dal

menu “Alignbox size”. Di default il valore è impostato a 128 ma non sempre è corretto. Il riquadro di allineamento è una cornice che compare quando passiamo il mouse su un qualsiasi punto del fotogramma che vediamo. Questa indica al programma qual è la zona da analizzare per effettuare una stima della qualità e successivamente per allineare. All’interno dovrebbe quindi essere contenuto tutto il pianeta, o in casi in cui non sia possibile un particolare significativo. Il box di lato 256 è il più grande utilizzabile con immagini da 640X480 pixel e va bene nella totalità dei casi. Se però non è necessario, meglio ripiegare su una dimensione minore perché il tempo richiesto per l’allineamento e lo stacking dipende criticamente da quanto è grande l’area utilizzata. Se il nostro pianeta entra nel box da 128 non c’è motivo per utilizzarne uno da 256.

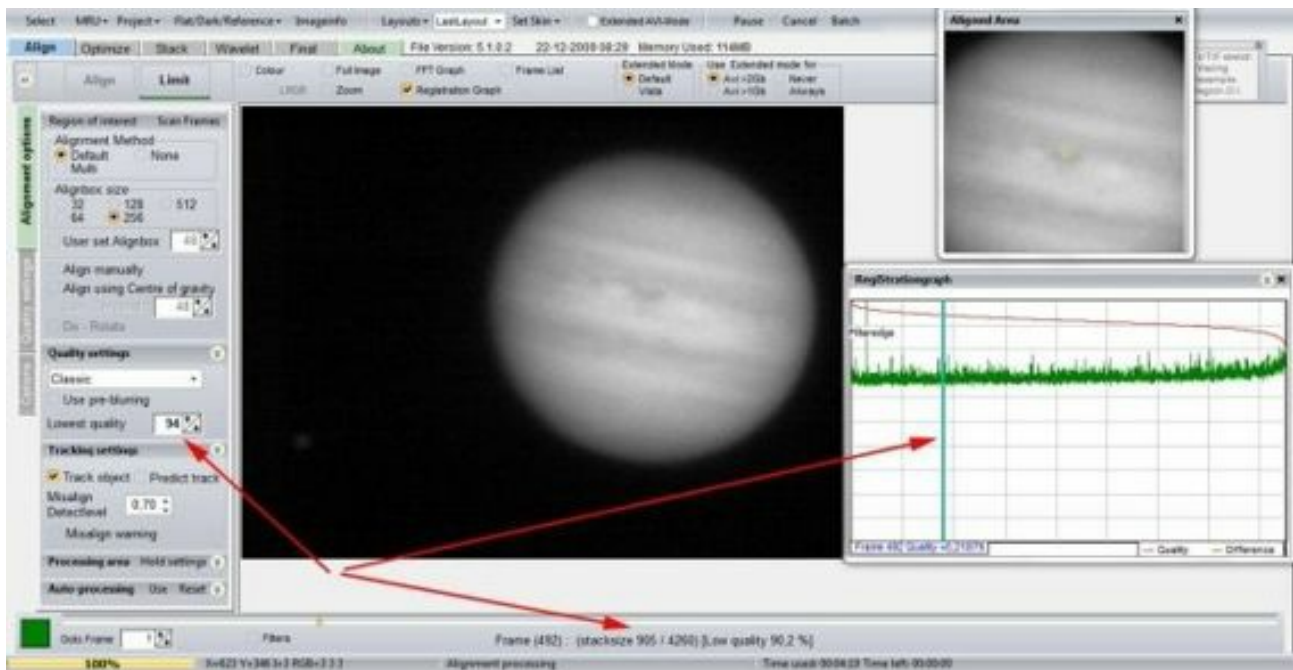
Bene, ora siamo pronti: clicchiamo al centro del pianeta del nostro miglior fotogramma, il riquadro si posizionerà, poi possiamo finalmente dare inizio alle danze premendo il tasto “Align” in alto a sinistra.

Settaggi del programma Registax per l’allineamento dei frame.

Selezionate alcune impostazioni di base citate nel testo, si posiziona il riquadro di allineamento sul migliore frame del video, che si dovrà scegliere manualmente, poi si da inizio alla fase di allineamento.

Terminata la fase, nella quale è meglio stare attenti che il riquadro resti centrato sull'oggetto e non se ne vada a spasso casualmente (in questo caso dobbiamo rifare tutto, magari cambiando qualche parametro come le dimensioni del box), il registration graph si riempie di curve e colori a prima vista incomprensibili. Per ora ci interessa sapere che l'andamento verde rappresenta l'andamento della qualità dei fotogrammi, ordinati in modo che i migliori si trovano a sinistra, i peggiori a destra. Poniamo l'attenzione sulla barra azzurra verticale. Questa rappresenta lo sbarramento per la qualità scelta. Tutti i frame a sinistra saranno utilizzati perché reputati buoni, quelli a destra verranno scartati e non utilizzati per la media.

La posizione della barra dipende dal valore della qualità che abbiamo dato prima di sapere effettivamente come il programma ha valutato i frame. A seconda dei casi, del seeing, della dimensione dell'immagine, del box di allineamento, del rumore dei singoli frame, un valore pari a 80 potrebbe andare bene o meno.

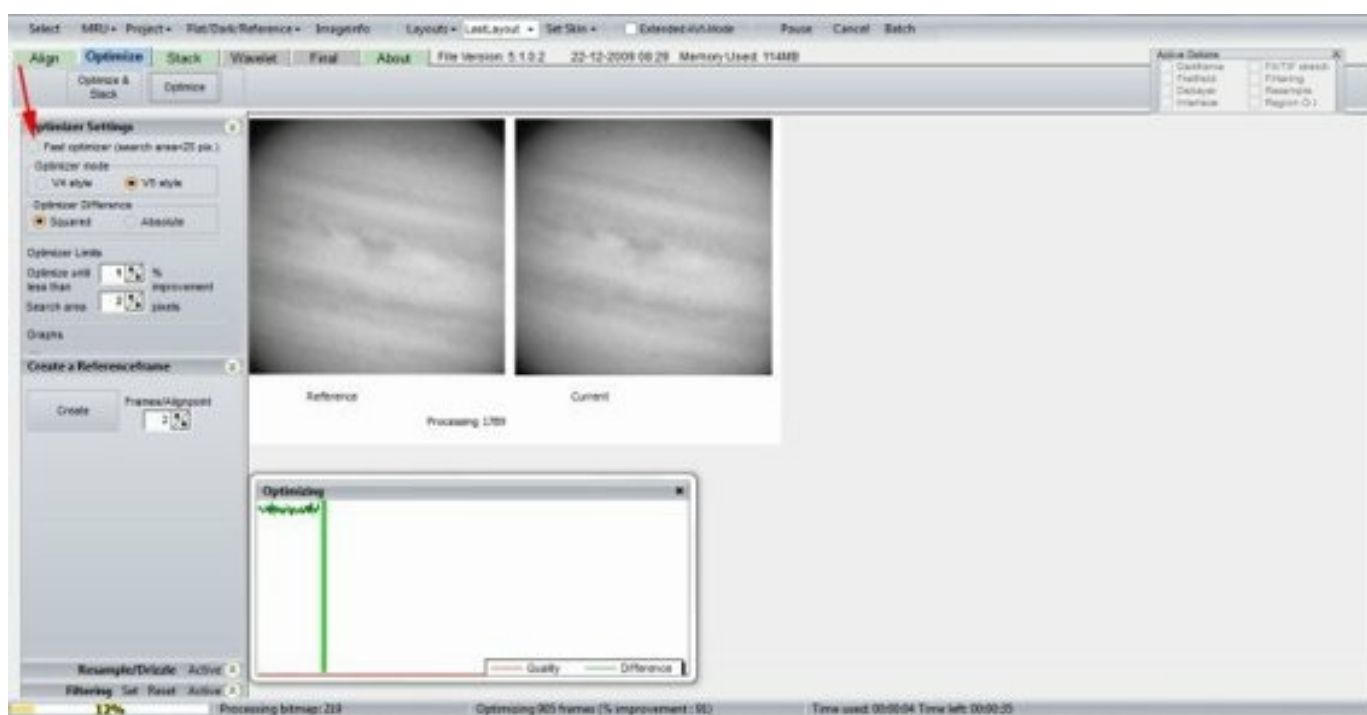
Per capire quale sia il miglior valore abbiamo una tecnica un po' macchinosa ma efficace. Il fotogramma che compare ora nella schermata è in effetti l'ultimo di quelli che verranno selezionati e si trova quindi al confine con la barra azzurra. Valutando la sua qualità si può capire se dobbiamo prendere più frame o essere maggiormente selettivi e scartarne di più. Modificando il valore della qualità, con il mouse (variazioni di 5 punti) o inserendo manualmente un numero, visualizzeremo sempre l'ultimo

fotogramma prima di tutti quelli scartati e potremo capire, guardandolo, se è accettabile o meno.

Terminata la fase di analisi dobbiamo regolare la qualità dei frame da utilizzare e scartare accuratamente quelli sfocati e rovinati dal seeing. Variando il valore all'interno della finestrella "Lowest quality", la barra azzurra a destra, nel "registration graph", si sposta. A sinistra troviamo i frame migliori, a destra i peggiori (linea spessa verde), mentre sulla schermata principale è visualizzato l'ultimo frame prima del troncamento. È sufficiente regolare la qualità fin quando una variazione di un punto fa la differenza tra un fotogramma ancora accettabile e uno no. In basso, indicato da una freccia, è segnato il numero di frame che questa scelta utilizzerebbe rispetto al totale.

Quest'analisi si potrebbe fare anche in seguito al processo di ottimizzazione, ma facendola ora si può risparmiare molto tempo perché i frame scartati adesso non verranno più presi in considerazione.

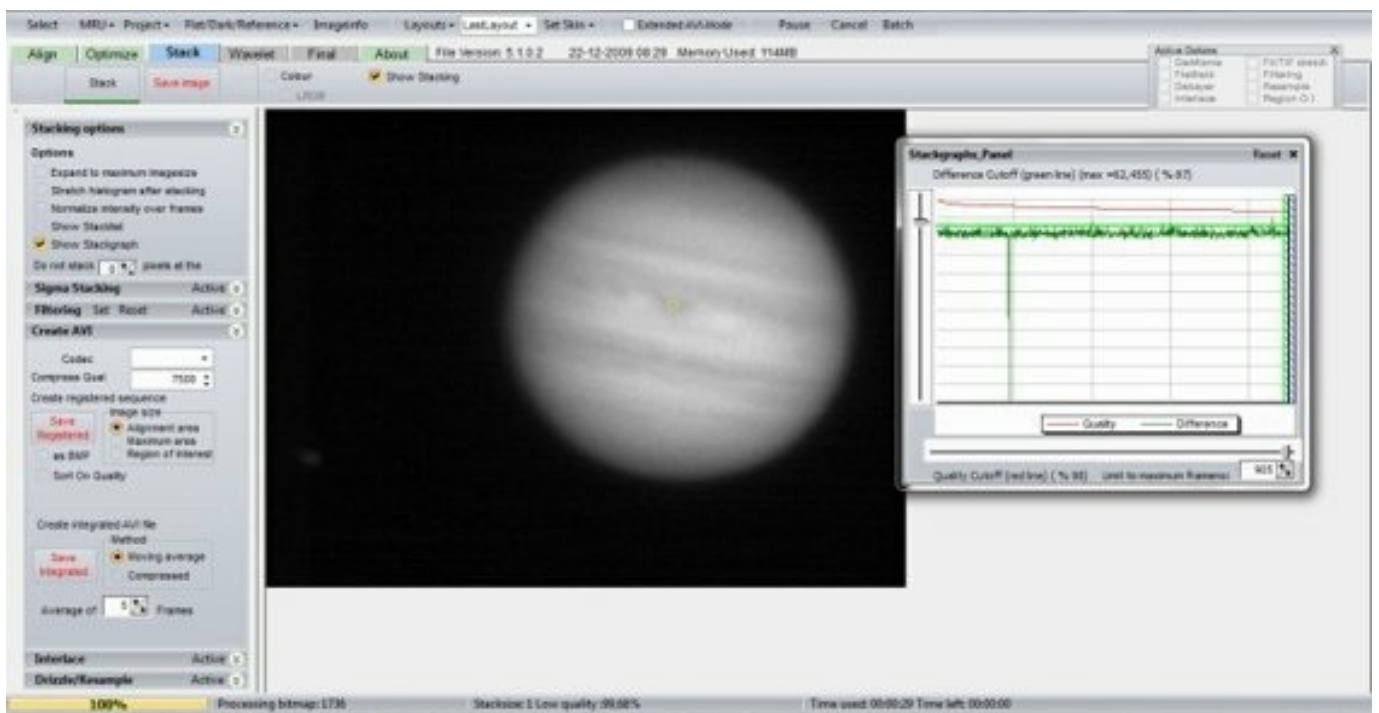
Trovata una qualità che ci soddisfa, tenendo sempre in considerazione che dovremmo sommare almeno 300 - 400 frame per avere una buona immagine, clicchiamo sul pulsante "Limit", che si è attivato proprio vicino ad "Align".

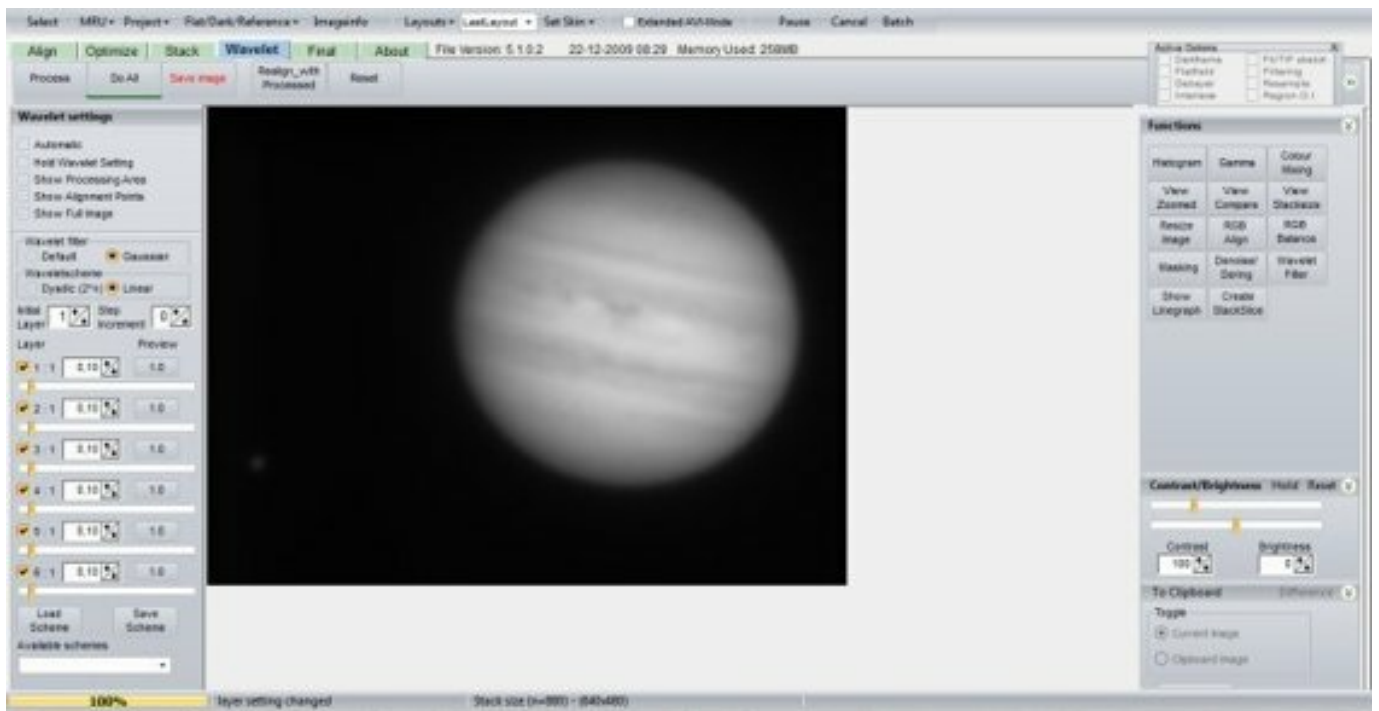
Il programma passa ora alla fase successiva, ma il grosso è

fatto. Se la scelta della qualità è stata adeguata e il grafico del "registration graph" non ha strani picchi verdi verso l'alto, che significherebbero errori di allineamento difficili da correggere, possiamo fare l'ottimizzazione e lo stacking insieme, attraverso il pulsante "Optimize & Stack". Se vogliamo esaminare ancora il registration graph prima dello stacking per un migliore controllo della qualità o escludere eventuali immagini disallineate, allora meglio cliccare solo su "Optimize". In ogni caso, prima di dare il via alla fase scelta, meglio spuntare l'opzione "fast optimizer" disattivandola.

Durante il processo di ottimizzazione il programma allinea minuziosamente i dettagli all'interno dei riquadri di allineamento. Per noi non c'è nulla da fare se non attendere. Ricordiamoci di deselezionare l'opzione "fast optimizer", qui indicata con una freccia.

Nel caso in cui abbiamo scelto l'ottimizzazione e lo stacking, il programma, dopo aver ragionato e lavorato, ci propone direttamente l'immagine raw, che possiamo salvare o addirittura elaborare con i filtri disponibili nella nuova scheda che si aprirà.

Nel caso in cui abbiamo scelto l'opzione "Optimize", quando il programma finirà di lavorare dovremo passare manualmente alla scheda "Stack" e spuntare di nuovo la voce "registration graph" sulla sinistra nel menu "stacking options". Il grafico che si aprirà sarà uguale a quello visto in precedenza, ma questa volta possiamo lavorarci direttamente utilizzando gli appositi cursori adiacenti agli assi. Portando verso sinistra quello sull'asse X si effettua la solita selezione sulla qualità, scartando tutti quelli a destra, che vengono ricoperti da una griglia verde. Il frame che viene visualizzato spostando il cursore è sempre l'ultimo prima del taglio.

Abbassando invece il cursore sull'asse Y si escludono tutti i picchi verdi più alti della tendenza media, ovvero i fotogrammi che per qualche motivo non sono stati ben allineati dal programma. Di solito questa selezione non è necessaria se si riprende in condizioni medie, ma può diventarlo nel caso di folate di vento che hanno mosso l'immagine improvvisamente, di errori dei motori, di un tocco accidentale dato alla montatura o di seeing altamente variabile.

Se non si decide di fare insieme l'ottimizzazione e lo stacking, per quest'ultimo sono disponibili altre opzioni attraverso la visualizzazione dello "Stackgraph", tra cui una selezione ulteriore della qualità e l'esclusione di eventuali picchi verdi anomali verso l'alto, che indicano un disallineamento dei frame a causa del seeing o del programma di acquisizione.

Non ci sono altre opzioni da regolare, possiamo fare finalmente lo Stack attraverso l'omonimo pulsante in alto a sinistra e veder comparire l'immagine raw media dei frame selezionati. Se vogliamo vedere visualmente il programma che media i fotogrammi basta spuntare l'opzione "Show stacking" nella lista delle opzioni presenti sopra il riquadro dei frame. Passando manualmente nella scheda "Wavelets" si può elaborare l'immagine. Ma di questo parleremo più avanti.

A conclusione del processo l’immagine raw del filmato è pronta. Ora possiamo passare finalmente all’elaborazione, che si potrebbe fare anche con Registax agendo semplicemente sui wavelet nella parte sinistra.

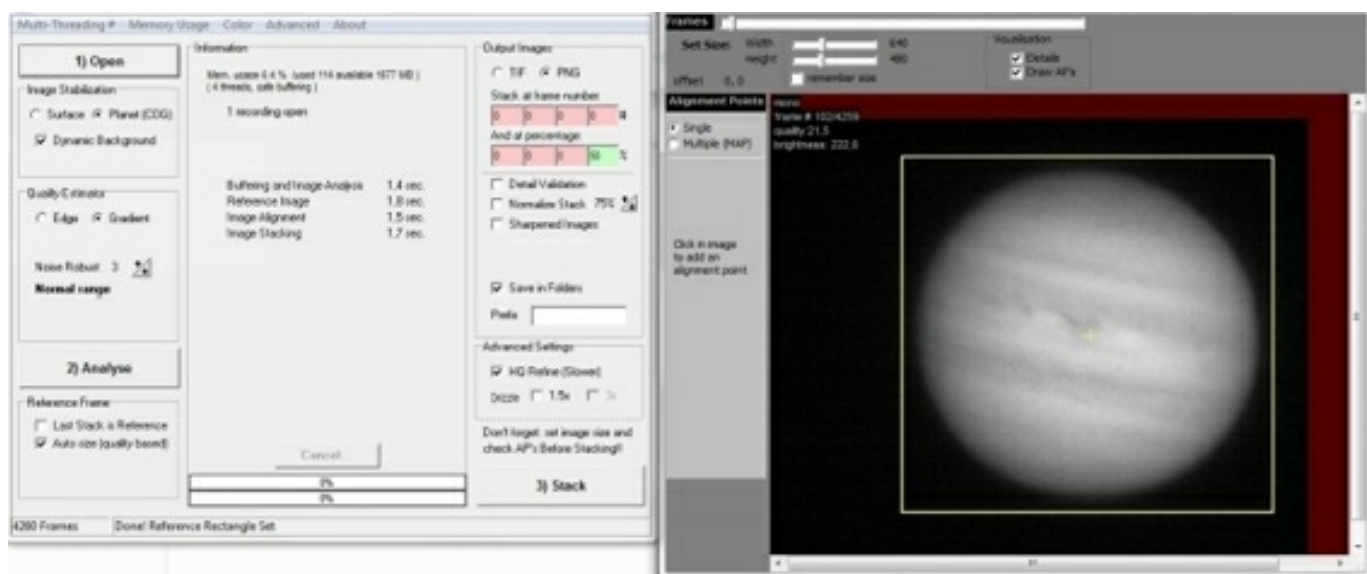
Lo stacking con Autostakkert

Sviluppato dall'astrofilo olandese Emil Kraaikamp, questo programma semplice e chiaro segue un po' la filosofia vincente di Registax: rendere accessibili solamente gli step necessari e attivare i successivi solo quando si è completata la fase precedente, ma è molto più semplice, veloce e, sembrerebbe, affidabile. L'unico problema che ho riscontrato durante l'utilizzo riguarda l'apertura dei video a 12 bit .ser ripresi con il programma "Lucam Recorder" che gestisce le camere Lumenera. Non si sa per quale motivo ma i fotogrammi risultano quasi privi di segnale, con il pianeta debole e in negativo. Se si vuole utilizzare il programma è sufficiente convertire la ripresa in un file .avi a 8 bit, cosa che lo stesso Lucam Recorder permette in modo piuttosto semplice. Se è necessario conservare la dinamica (praticamente solo per le riprese di Venere in IR), allora si dovrà usare Registax. Sono oramai pochi a riprendere con le camere Lumenera, quindi il problema è quasi trascurabile.

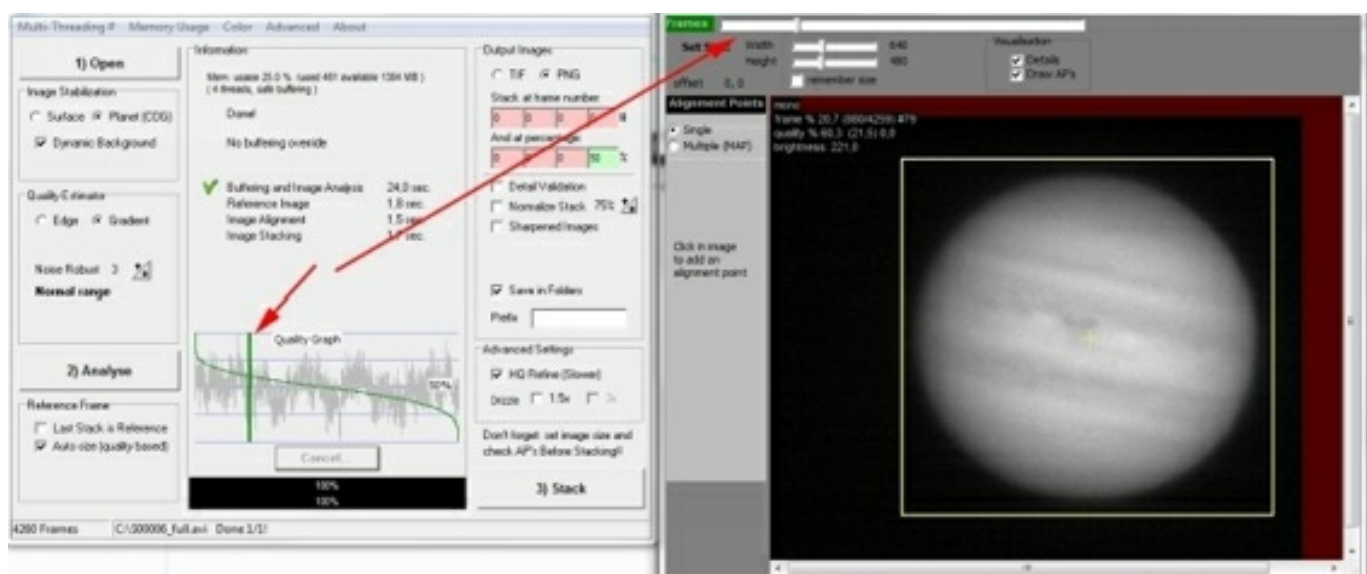
All'apertura della schermata non abbiamo alcuna scelta se non quella di aprire il nostro filmato. Sulla destra comparirà una finestra in cui si potranno visualizzare tutti i fotogrammi, che per il momento sono ordinati secondo la sequenza di acquisizione. Senza farci distrarre dalle opzioni, che possono benissimo restare di default (controllare solamente che sia selezionato il metodo "single" all'interno della finestrella "Alignment points" sulla sinistra), scorriamo con le frecce o con l'apposito cursore i frame, selezionando quello che per noi è il migliore. Come in Registax, questo è un punto fondamentale perché la stima della qualità dei fotogrammi si basa proprio sulla nostra scelta. Se selezioniamo un'immagine scadente, allora è molto probabile che lo sarà anche

la conseguente versione raw.

Contrariamente a Registax, qui la finestrella di allineamento la deve disegnare l'utente, e questo secondo me è un vantaggio perché ci lascia ampia libertà di scelta. Naturalmente la finestra dovrebbe contenere l'intero pianeta o almeno una porzione significativa. La finestra viene disegnata partendo dall'angolo in alto a sinistra. Il primo click del mouse la attiva, un secondo click, dopo averla sistemata nelle dimensioni volute, la fissa. Se la posizione non ci piace, basta ripetere l'operazione.

A questo punto, magicamente, nella schermata principale del programma, a sinistra, si sarà acceso il pulsante "Analyse" e direi che possiamo cliccarci senza cambiare nessuna delle impostazioni superiori.

Autostakkert è molto più semplice e veloce. Si apre il filmato, nel riquadro a destra si sceglie il best frame, si disegna il riquadro per l'allineamento e poi si clicca su "Analyse" per dare il via alla fase di analisi.

Pochi secondi e il programma finisce il lavoro. Al centro compare un grafico chiamato "Quality graph" identico a quello di Registax e in questo momento è il nostro miglior amico. La differenza è che prima dovevamo andare un po' per tentativi per

vedere a quali frame corrispondeva una qualità non più accettabile per la somma. In questo caso no, perché senza che ce ne siamo resi conto, la finestra di destra contenente il filmato è cambiata: ora i frame sono stati ordinati secondo la qualità, dal migliore al peggiore. Per capire quanti ne possiamo sommare è sufficiente scorrere la lista con il mouse o con le frecce e fermarci al fotogramma prima del punto in cui la qualità non è più accettabile. Leggiamo la percentuale di fotogrammi inclusi , riportata nella finestra contenente il pianeta e poi inseriamo il valore nella seconda riga di quelle strane finestrelle che vanno sotto il titolo di “Stack at frame number”.

Dopo l’analisi compare il solito “registration graph” e dobbiamo decidere noi, scorrendo i fotogrammi del filmato che ora sono ordinati in funzione della qualità, dove fermarci. Leggendo nella finestra contenente il pianeta la percentuale di frame, dobbiamo riportarla in una delle finestre della seconda linea del menù “Stack at frame number”, qui rappresentata con un colore verde.

Ora siamo pronti per la fase finale: lo stacking. Possiamo scegliere il formato dell’immagine grezza (tif o png, equivalenti) e altre proprietà che per molti scopi non servono. Cliccando sul pulsante “Stack” l’immagine verrà creata e salvata, pronta per

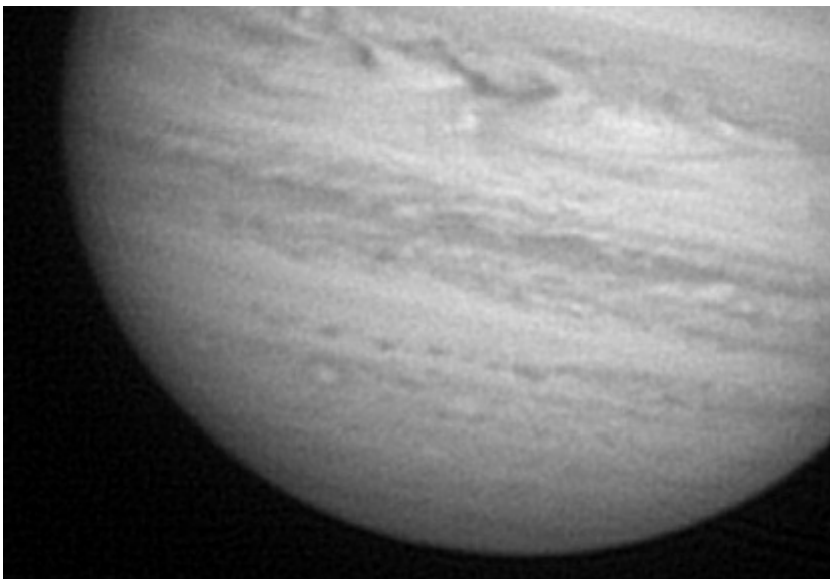
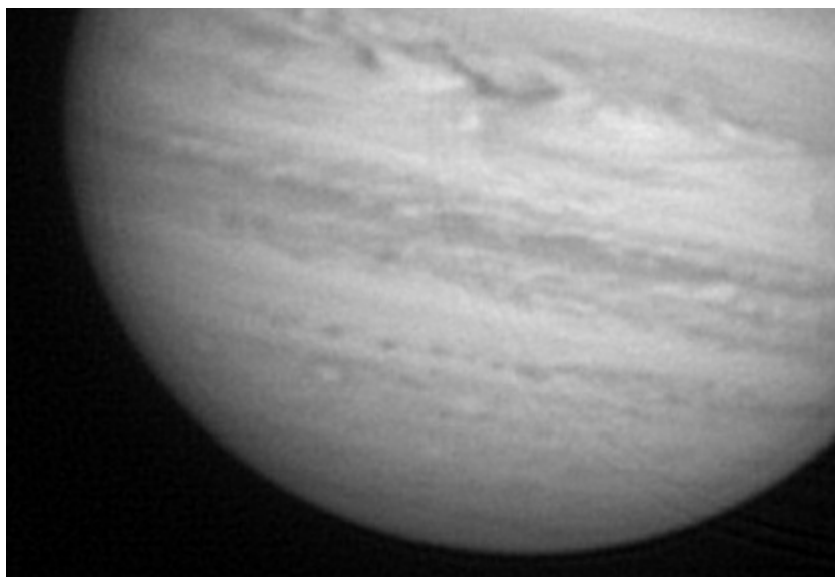
essere elaborata con qualsiasi altro programma di elaborazione di immagini astronomiche.

A questo punto, al di la di preferenze soggettive, quale programma fornisce risultati migliori?

C'è una vera differenza nel preferire l'uno o l'altro?

Incoraggiato dall'esperienza positiva di molti astroimager ho effettuato anche io diverse prove e tutte sono andate in una direzione ben precisa.

Con il filmato che ho utilizzato per gli esempi delle figure precedenti ho effettuato un confronto elaborando allo stesso modo l'immagine grezza, dopo essere stata creata dallo stesso numero di frame con Registax e Autostakkert.

Il risultato parla chiaro ed è evidenziato nell'immagine della pagina seguente: Autostakkert vince a mani basse.

Confronto di resa tra lo stacking attraverso Registax 5.0 (più in alto) e Autostakkert 2.0 (in basso). L'immagine di Giove è ingrandita del 200%, proviene dallo stesso filmato ed è stata ottenuta sommando il medesimo numero di frame: 880 su oltre 4000. Elaborate allo stesso modo, le due versioni mostrano evidenti differenze. L'immagine ottenuta con Registax rivela maggior rumore e dettagli meno netti, mentre quella con Autostakkert evidenzia un segnale migliore, quindi definizione e contrasto superiori. A parità di granulosità, applicando una maschera sfocata o un filtro wavelet più intenso quest'ultima mostra dettagli più contrastati e leggermente più fini. Si tratta di differenze lievi, ma il verdetto è scontato per chi non vuole compromessi: Autostakkert è attualmente il miglior software di stacking.

Dall’immagine raw alla versione wow

Dopo varie peripezie abbiamo finalmente in mano la nostra immagine grezza, una per ogni filmato che abbiamo ripreso, che contiene sovrapposti tutti i migliori frame (si spera tanti!) del nostro prezioso video.

Abbiamo probabilmente terminato la parte più noiosa e lunga; sicuramente anche quella in cui dei software pensavano al posto nostro. Ora dobbiamo rimboccarci le maniche, accendere il cervello e raggiungere il nostro obiettivo: estrapolare tutto il segnale contenuto ma nascosto in quello che resta del filmato iniziale, trasformare la nostra immagine raw in una versione “wow”, che ci faccia rimanere a bocca aperta.

A ben osservare, però, questa fotografia potrebbe deluderci un po’: sembra molto più sfocata dei frame del video e i dettagli sono tutti impastati. Ma siamo sicuri di aver fatto il lavoro in modo adeguato?

Passeranno forse anni prima di dare la giusta fiducia all’immagine raw, attraversando sicuramente fasi contrapposte (prima la si sottostima, poi la si sovrastima), ma meglio fidarsi: se la ripresa è avvenuta con la giusta tecnica, il telescopio era in ordine, la turbolenza assente (incredibile!) e durante la registrazione del filmato il pianeta sembrava scolpito, proprio come quando lo abbiamo osservato all’oculare (perché lo abbiamo fatto, vero?), allora questa palla informe e sfocata ha molto da dirci, dobbiamo solamente sapere come muoverci.

Il cuore dell’elaborazione, come è stato accennato nella parte introduttiva, è l’applicazione di filtri di contrasto di varia natura, attraverso opportuni software specificatamente progettati per le applicazioni astronomiche.

Ecco, questo è un punto da chiarire: programmi dedicati al

fotoritocco come Photoshop sono adatti solamente per le ultime fasi più estetiche, da utilizzarsi con molta attenzione e solo dopo aver maturato una certa esperienza. I dettagli reali si estrapolano con i software astronomici, non con trucchi da fotoritocco.

Quali sono questi programmi e quali filtri dobbiamo applicare? E a questo punto, come funzionano? Quante domande! Ma è normale farsi prendere dall'entusiasmo. Il mio ruolo, però, è quello di riportare alla calma e cercare di rispondere nel modo più chiaro possibile una domanda alla volta.

I programmi di elaborazione e i filtri di contrasto

I software per l'elaborazione delle immagini in alta risoluzione non sempre sono gli stessi con cui abbiamo faticosamente affrontato la fase di stacking. Qualcuno, come Autostakkert, non lo fa proprio, altri, come Avistack, potrebbero far di meglio, altri ancora, come Registax, hanno il miglior compromesso tra facilità d'uso e risultati ottenibili.

Ma se vogliamo ottenere il massimo dalle nostre riprese, dobbiamo imparare a utilizzare alcune semplici funzioni del programma più potente attualmente disponibile: IRIS.

Giunto ormai oltre il decimo anno di vita, questo software gratuito, scaricabile a questo indirizzo:

http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm è stato sviluppato da Cristian Buil, astrofilo di grande reputazione. Accanto a una potenza indiscussa e a centinaia di funzioni, si è guadagnato con il tempo (non a torto) la poco lodevole fama di software per astronomi dilettanti più antipatico mai progettato. L'interfaccia non proprio user friendly e una serie di comandi che devono essere scritti in un'apposita finestra già difficile da trovare, sono spesso argomenti più che sufficienti per ripiegare su software decisamente più semplici, il cui re indiscusso in questa fase è sicuramente Registax.

Eppure le potenzialità di IRIS sono molto maggiori di Registax e i risultati, in termini di dettagli e pulizia dell'immagine, davvero sorprendenti.

Per i nostri scopi, inoltre, sono necessarie tre-quattro funzioni, tutte o quasi raggiungibili dai classici menu a portata di mouse, per ottenere un'elaborazione che rende giustizia agli sforzi fatti fino a questo momento.

IRIS si può a dir la verità utilizzare per tutte le fasi: dallo stacking alla composizione dei colori alle varie regolazioni estetiche successive l'estrapolazione del segnale. Il mio consiglio, però, è quello di utilizzarlo solo laddove non ha rivali: sull'applicazione di filtri di contrasto. Per la fase di stacking è ormai lento e macchinoso, per le regolazioni estetiche decisamente poco pratico. Anche nella scelta dei software si può basare il successo dell'astrofotografia in alta risoluzione: capire e carpire le funzionalità dei migliori programmi fa risparmiare tempo, energia e spesso produce fotografie di ottima qualità. Nessun astroimager importante utilizza un solo software per tutte le fasi dell'elaborazione, ma una lista, spesso tenuta segreta, che forma una ricetta vincente.

Gli ingredienti da utilizzare, cioè i programmi, dipendono anche dal gusto personale e dalle disponibilità economiche (Photoshop non è proprio gratuito!) e nessuno, men che meno questo libro, pretende di dettare legge. Io, come molti altri astroimager, posso dare dei consigli, riportare la mia esperienza, evitare errori grossolani, ma alla fine è l'esperienza di ognuno a fare la differenza. Nessuno può sostituirsi agli esperimenti, alle prove e, perché no, anche alle delusioni che hanno il compito, tutte insieme, di far crescere una persona, nel campo dell'astronomia amatoriale come in quello ben più grande e importante della vita.

Il mio consiglio quindi è sempre lo stesso: provare, sperimentare, sbagliare, osare; ma allo stesso tempo mantenere lucidità, umiltà e determinazione per non arrendersi e capire se una strada è giusta o sbagliata. Non c'è vergogna nell'ammettere di aver sbagliato, capita anche ai migliori; il problema è piuttosto non vedere il proprio errore e pensare che siano tutti gli altri a

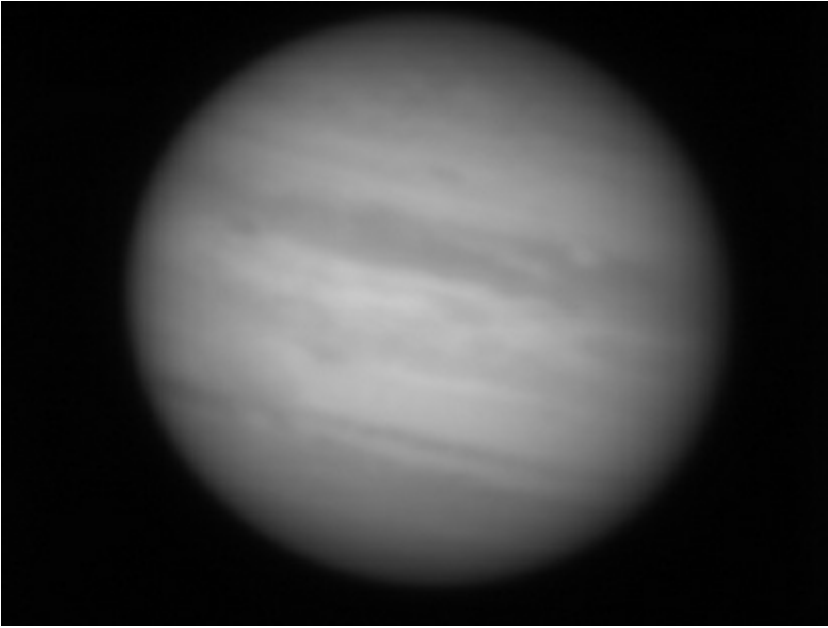
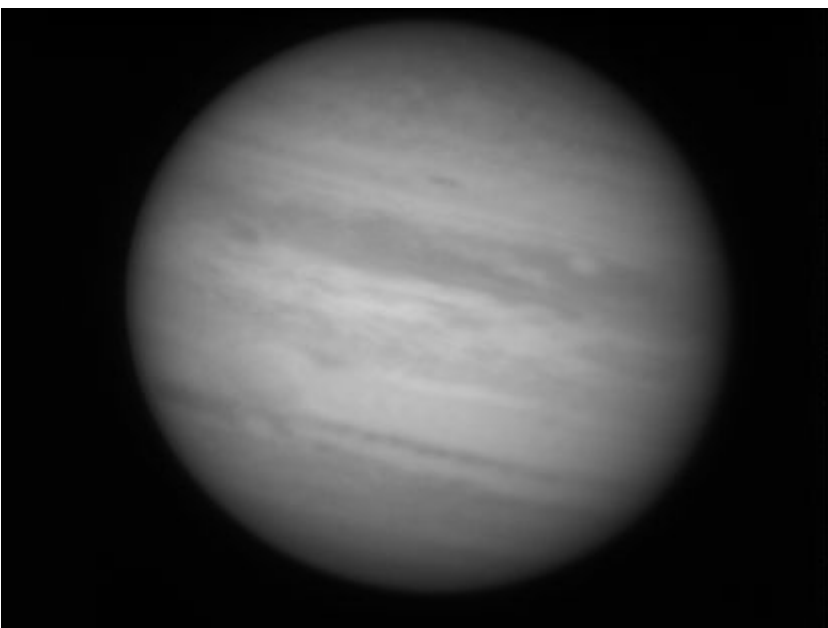
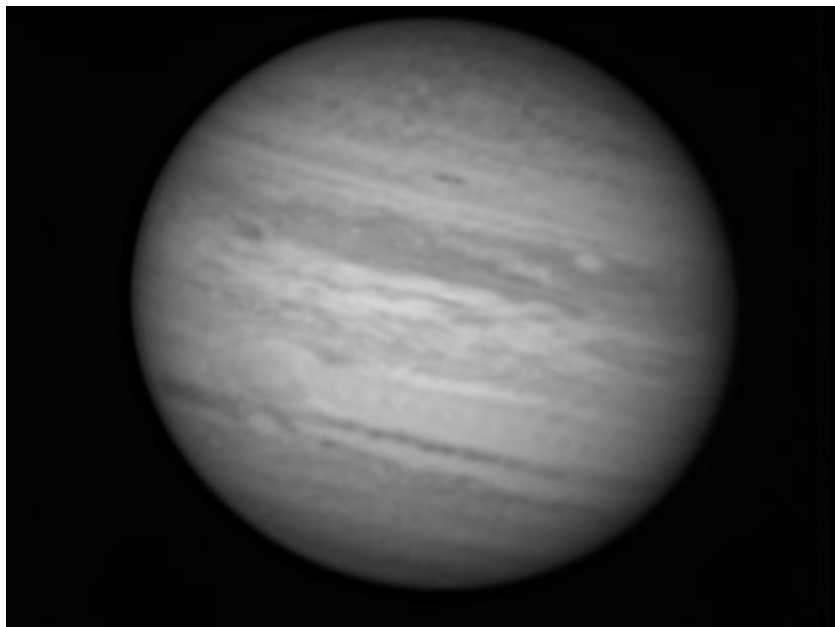
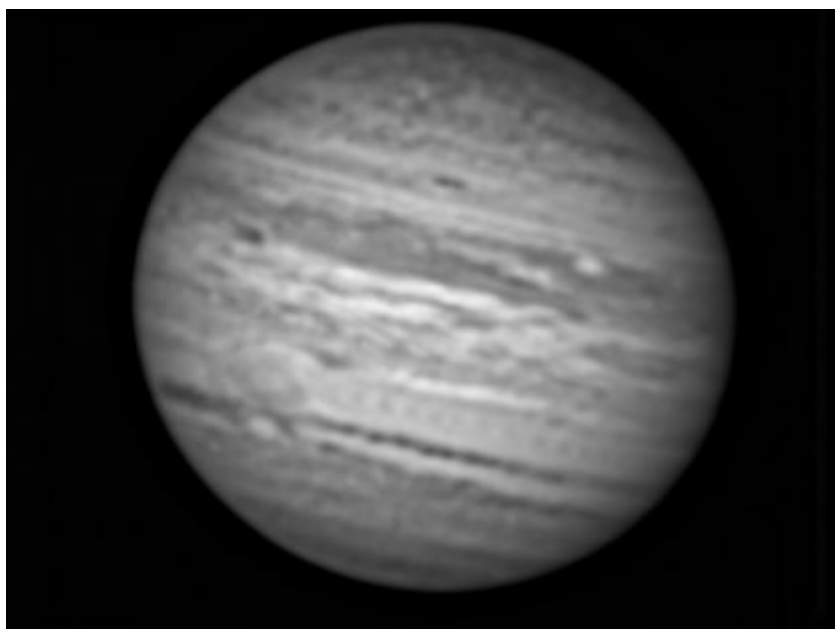
essere nel torto. Il processo di crescita si ferma quando ci si sente (erroneamente) arrivati. Gli astroimager più bravi del mondo lo sono e continuano a esserlo perché non interrompono mai il processo di apprendimento e non si sentono mai troppo sicuri di quel poco che hanno imparato.

Dopo aver messo opportunamente le mani avanti, riporto semplicemente la mia esperienza, che sfrutta IRIS solamente per applicare dei filtri di contrasto, spesso dei wavelet, più raramente delle maschere di contrasto, di cui parleremo meglio tra poco. Per ritocchi estetici o piccoli aggiustamenti altri programmi li reputo migliori, tra cui Maxim Dl e Photoshop. Purtroppo questi due non sono gratuiti, ma le funzioni dell'ultimo possono essere quasi totalmente sostituite da Gimp, software open source piuttosto potente, scaricabile qui: http://www.gimp.org/downloads/ .

Una volta aperta l'immagine, i filtri per aumentare il contrasto che utilizzo sono di due tipi: i primi chiamati wavelet si trovano nel menu "Processing —> wavelet". La finestra che si apre possiede tre opzioni, ma è all'interno del folto gruppo del "Resolution level" che troviamo il divertimento. I cinque livelli, dal "Finest" al Largest" identificano in modo qualitativo su quali dettagli andranno a lavorare i wavelet, enfatizzando quindi dettagli a piccolissima ("Finest") o enorme scala ("Largest"). Spuntando l'opzione "Auto verif." si può avere un'idea istantanea di quello che combinano queste miracolose funzioni matematiche alla nostra povera immagine.

Per capire quanto stiamo dicendo, aiutiamoci con una ripresa di Giove eseguita nel canale rosso il 24 Agosto 2010 (il giorno del mio compleanno) con il mio telescopio Schmidt-Cassegrain da 35 centimetri e camera planetaria Lumenera LU075m. Il

filmato acquisito a 30 fps era formato da 3600 fotogrammi e grazie all'ottimo seeing ne sono stati utilizzati 2700 per formare un'immagine raw con ottimo segnale.

La figura della pagina seguente mostra l'immagine raw e come cambia l'aspetto del pianeta a seconda dei livelli di wavelet utilizzati per elaborarla.

Ottima immagine raw di Giove nel canale rosso + infrarosso composta da 2726 fotogrammi ripresa con un Celestron Schmidt-Cassegrain da 350 mm e camera Lumenera LU075m.

Wavelet di primo livello ("Finest") al massimo.

Wavelet di secondo livello (“Fine”) al massimo.

Wavelet di terzo livello (“Medium”) al massimo.

Se vogliamo avere un’idea da cui partire, io in oltre dieci anni di imaging in alta risoluzione non ho mai usato i livelli “Large” e “Largest”, una manciata di volte il “Medium”, mentre ho abbondato con il livello “Fine” e soprattutto “Finest”.

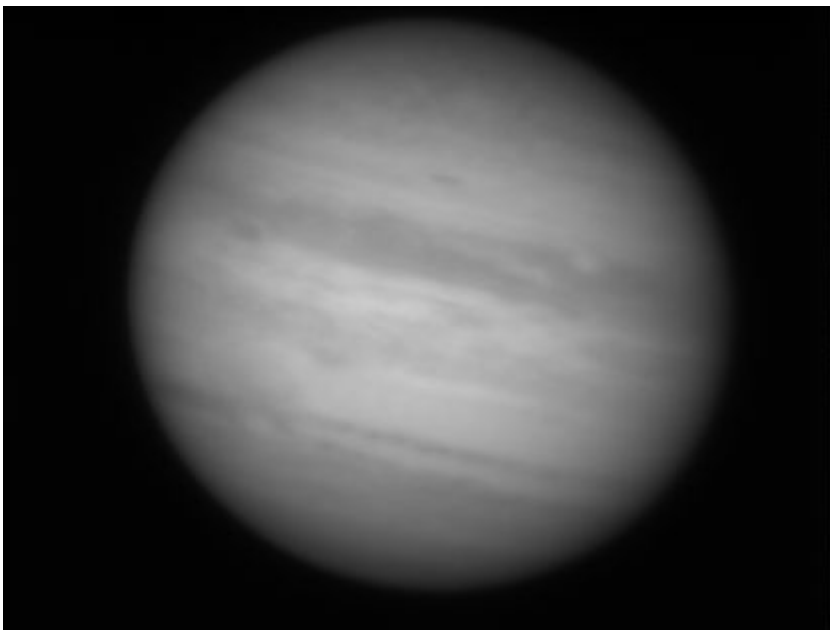
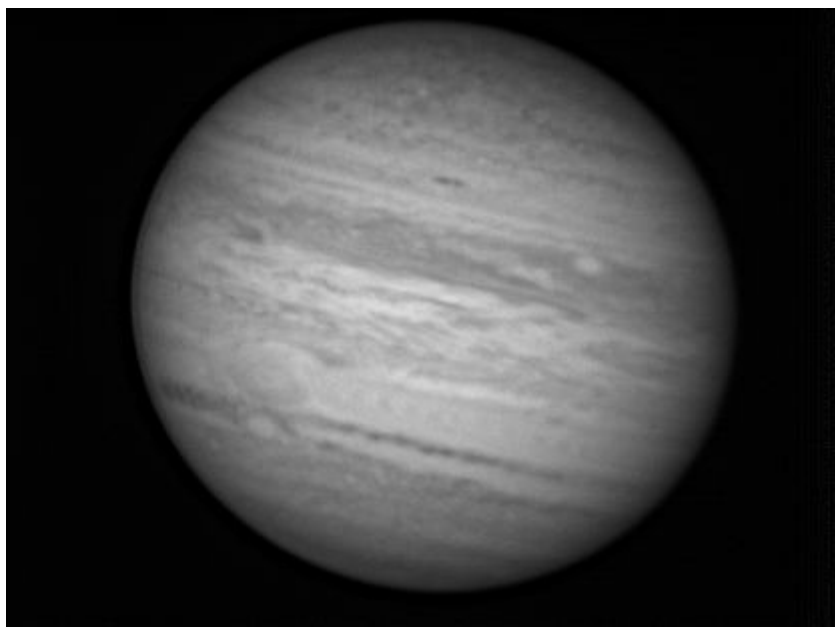
Se l’immagine raw ha molto segnale, come il nostro Giove, composto da quasi 2000 frame, è possibile che il livello massimo, pari a 25, non sia sufficiente per mostrare tutti i particolari. In

questo caso possiamo confermare la nostra scelta e riaprire il menu dei wavelet per una seconda mano.

Se non siamo soddisfatti di come lavorano i wavelet, possiamo sperimentare la maschera sfocata, procedimento che si effettuava anche ai tempi della pellicola (a mano, non con un computer!) per aumentare il contrasto delle immagini.

In Iris la troviamo nel menu: “Processing —> Unsharp masking”. Il modo di operare di questa funzione matematica è diverso rispetto ai Wavelet.

Non abbiamo diversi livelli da aumentare di intensità, ma due parametri: “Resolution” che regola il raggio dei dettagli da enfatizzare, e “Contrast” che ne determina l’intensità.

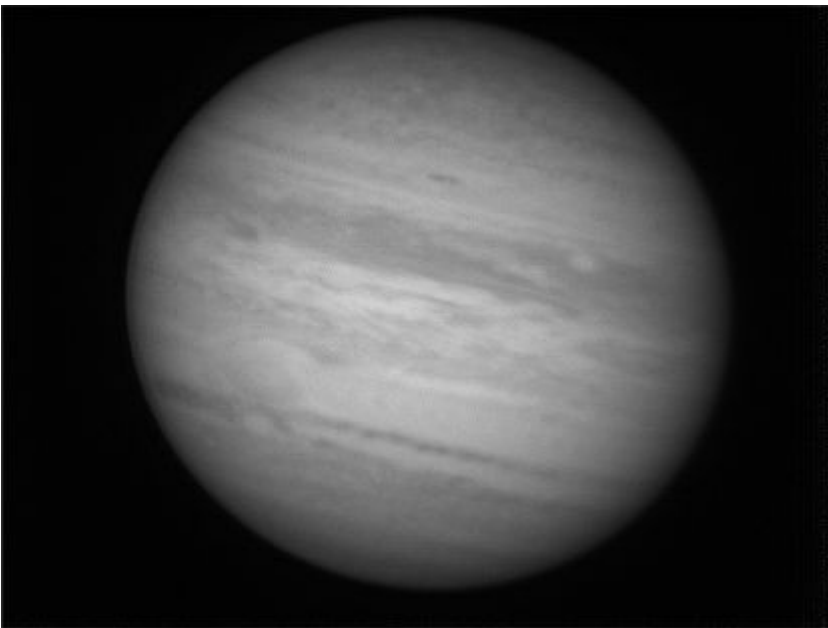
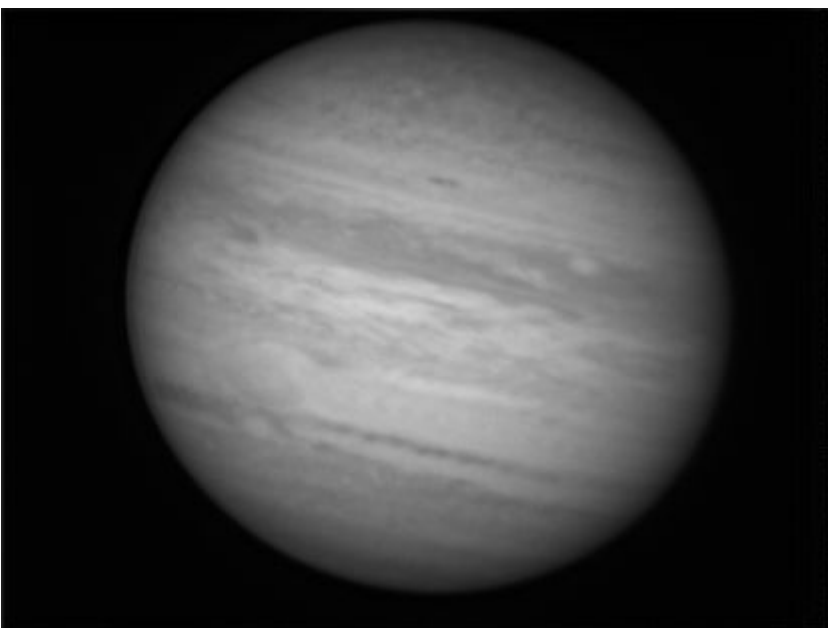
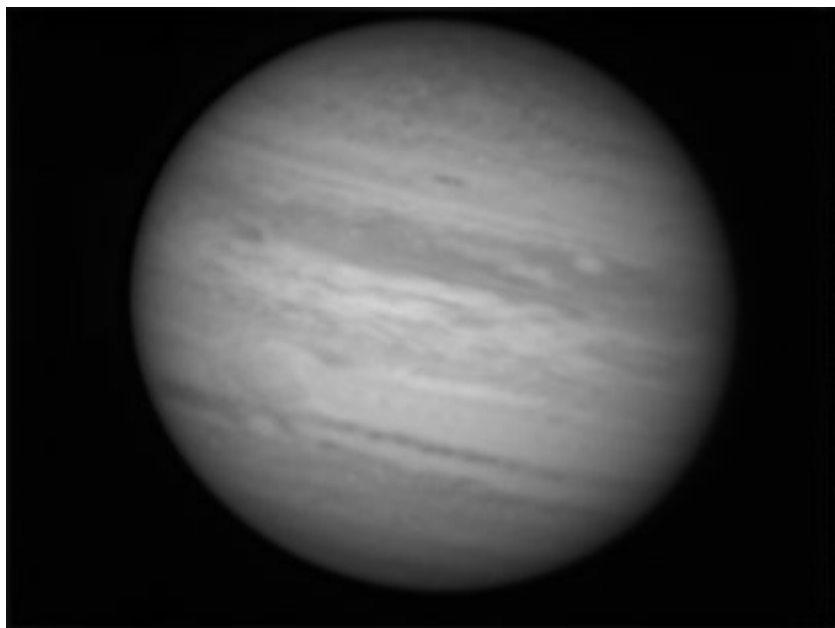
L’effetto è simile ai wavelet, anche se ci possono essere lievi differenze quanto a pulizia dell’immagine.

Maschera sfocata con “Resolution” 0,5 e intensità massima.

Maschera sfocata con “Resolution” 1,5 e intensità massima.

Maschera sfocata con “Resolution” 3 e intensità massima.

In Registax abbiamo solamente i wavelet, che possiamo applicare nell’omonima scheda “Wavelet” nella quale il programma ci porta automaticamente dopo aver eseguito l’ottimizzazione e lo stacking.

Il funzionamento è del tutto simile a quelli di IRIS, solamente che i raggi su cui agiscono hanno dimensioni inferiori. Il livello “Largest” che in Registax corrisponde al sesto livello, enfatizza dettagli molto più grandi, tanto che non è mai utilizzato.

Viceversa in Registax è il primo livello, il più fine, a non essere quasi mai utile perché enfatizza solamente la granulosità dell'immagine.

Se la massima intensità non cambia sostanzialmente l'aspetto dell'immagine, possiamo aumentare il valore del coefficiente che troviamo nel piccolo riquadro proprio sopra il rispettivo livello di wavelet. Di default è impostato a 0,10, ma una buona scala delle intensità per immagini di buon segnale come il nostro Giove si ottiene portandolo almeno a 0,15.

Registax, wavelet numero 1.

Wavelet numero 3.

Wavelet numero 6.

Anche in questo caso la ricetta migliore la si ottiene regolando secondo il proprio gusto e soprattutto buon senso (ecco perché è importante osservare all'oculare!) i vari livelli e le relative intensità, cercando di ottenere un'immagine naturale con tutti i particolari al posto giusto.

Ma certe volte se si vuole il massimo in termini di dettagli non potremo non notare la formazione di una strana trama sull'immagine, che nulla ha a che vedere con la realtà.

Coloro che negli anni passati hanno conosciuto gioie e dolori della pellicola, si sentiranno un po' a casa perché sembra di osservare la granulosità delle vecchie fotografie.

Abbiamo scoperto un nemico che a prima vista era invisibile ma che è tornato in tutta la sua potenza: il rumore. Ne parleremo meglio tra poche pagine.

Dal bianco e nero al colore: l'immagine RGB

Questo paragrafo in teoria interesserebbe solamente i possessori delle camere monocromatiche che si trovano in procinto di comporre un'immagine a colori ripresa attraverso i tre filmati effettuati con il filtro rosso, verde e blu, ma potrebbe riguardare anche le insospettabili camere a colori.

In effetti ho utilizzato per circa 7 anni una vecchia webcam a colori Philips Vesta Pro, affiancata nei momenti difficili dalla collega Toucam Pro, ormai due pezzi da museo della storia dell'imaging in alta risoluzione.

Nonostante riprendessi immagini a colori, dopo qualche tempo trovai molto più vantaggioso scomporre l'immagine raw nei tre canali colore, elaborarli separatamente e poi comporre manualmente la ripresa finale a colori, come se fosse stata ottenuta con i filtri RGB.

Perché questo apparente masochismo che in parte annulla i venefici di velocità e praticità delle camere a colori? Per due semplici motivi:

1) Come abbiamo visto parlando dei filtri, i dettagli planetari cambiano a seconda della lunghezza d'onda, fino al caso limite di Marte, in cui nel rosso si vedono i sottili particolari superficiali e nel blu le grandi nubi atmosferiche. Se si elabora direttamente l'immagine a colori, che raggio utilizzo per i wavelet, le maschere sfocate o la deconvoluzione? Quello ideale per i particolari fini sacrificando così le nubi, oppure quelli per enfatizzare dettagli a grande scala spappolando letteralmente gli altri? Ma non è tutto qui, perché

dobbiamo fare i conti anche con:

2) La sensibilità del sensore non è uguale per tutti i canali colore e nemmeno la qualità, a causa anche del seeing, peggiore quanto più corta è la lunghezza d'onda. Ne consegue che il segnale dei canali colore può essere molto diverso e richiedere elaborazioni e accorgimenti differenti, che non si possono applicare se si processa direttamente la ripresa a colori.

Bene, nella speranza di essere stato convincente, come si ottengono le immagini R, G e B da una ripresa a colori?

Se lavoriamo con Registax basta salvare la ripresa raw in formato fit. Questo è rigorosamente monocromatico, quindi il programma creerà automaticamente un file per ogni canale colore, che poi potremmo elaborare con tutti i programmi astronomici che vogliamo e solo all'ultimo ricomporre per formare di nuovo l'immagine a colori.

In alternativa possiamo utilizzare Maxim Dl per aprire l'immagine raw a colori e dividerla nei canali attraverso il comando "Color —> Split tricolor" e salvare, in formato non compresso, le tre riprese RGB.

Capisco che per chi è agli inizi possa essere un'operazione non banale che rischia di complicare le cose, quindi non importa se non la si applica sin da subito. L'importante è ricordarci che se abbiamo una camera a colori, l'immagine raw si elabora meglio scomponendola nei canali e trattandola come se fosse stata ripresa con una camera monocromatica a partire dai classici tre filmati. Quando ci sentiremo pronti potremo fare le nostre prove e vedere se per noi vale davvero la pena.

Se possediamo camere monocromatiche non abbiamo il

problema della scelta: dobbiamo in qualche modo comporre l'immagine a colori.

Si, ma quando? E come?

Il quando l'ho già detto più o meno direttamente. I tre filmati RGB vanno elaborati in modo quasi del tutto indipendente l'uno dall'altro. Solamente alla fine, dopo aver fatto tutti gli interventi necessari per i dettagli e magari mitigare il rumore, si forma la versione RGB.

Quel "quasi" non è stato però messo a caso. Poiché andranno a fondersi nella stessa immagine, i canali colore non possono essere elaborati in modo troppo diverso gli uni dagli altri.

Nessun problema nella fase di allineamento e stacking, nella quale c'è completa libertà come se non si conoscessero affatto, mentre bisogna mettere qualche paletto durante l'elaborazione vera e propria.

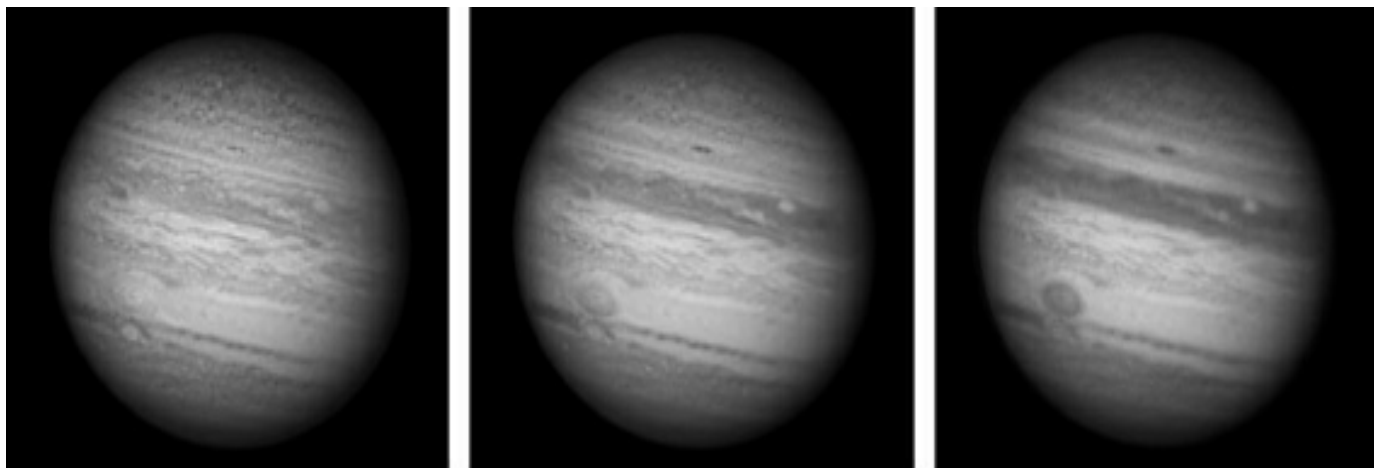
Prima di tutto è meglio applicare la stessa famiglia di filtri: non ha senso elaborare il canale rosso con la deconvoluzione, il verde con wavelet e il blu con maschere sfocate, a meno che non si voglia un'immagine a colori che potrebbe trovar ottimo posto in un museo d'arte contemporanea con un avviso di pericolo per chi soffre di attacchi epilettici.

Quanto a raggi e intensità si ha abbastanza libertà, tenendo sempre presente che bisogna enfatizzare i particolari di quel determinato canale nei limiti della moderazione e del buon senso. Il fatto di dover utilizzare le stesse elaborazioni per i tre canali è una leggenda metropolitana, anche perché altrimenti non avrei consigliato di scomporre i canali ai possessori di camere a colori!

Non è necessario neanche applicare tutte le operazioni: se il canale verde, di solito il migliore, ha un ottimo dettaglio e niente rumore mentre il blu è molto rumoroso, proveremo qualche filtro

di riduzione del disturbo solamente su quest'ultimo.

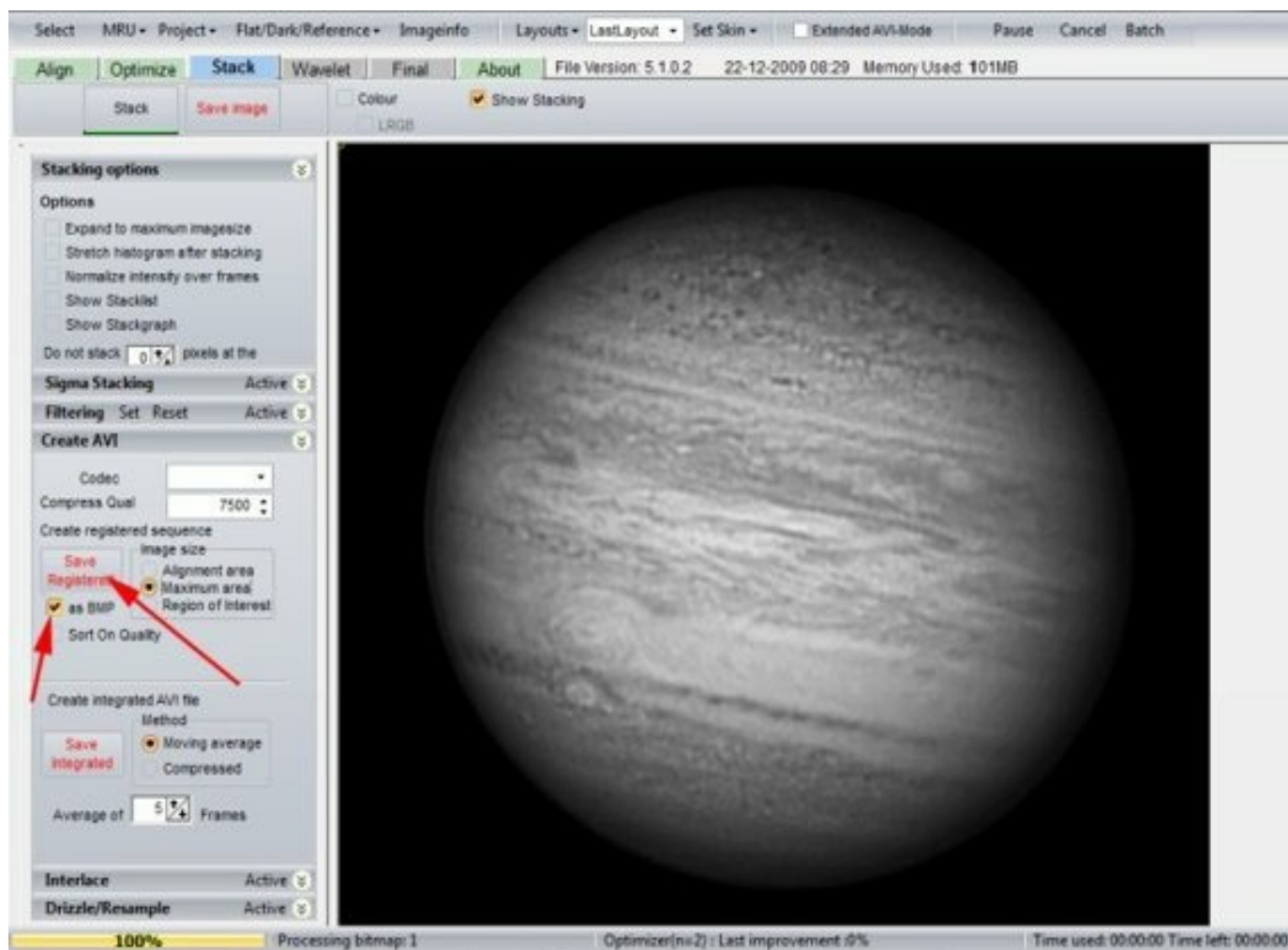
Quello che dobbiamo invece evitare è l'alterazione dei livelli di luminosità e delle curve, operazioni che introdurrebbero delle dominanti di colore quasi impossibili da correggere.

Bene, con i nostri canali colore elaborati non ci resta che formare l'immagine RGB dalla loro fusione.

Da sinistra a destra ecco le immagini RGB di Giove elaborate e allineate, pronte per comporre la tricromia RGB il cui risultato, dopo un leggero bilanciamento, è visibile nell'immagine seguente. Telescopio Schmidt-Cassegrain Celestron da 350 mm, camera Lumenera LU075m.

Tutto molto bello, ma in che modo si fondono? E con quale software?

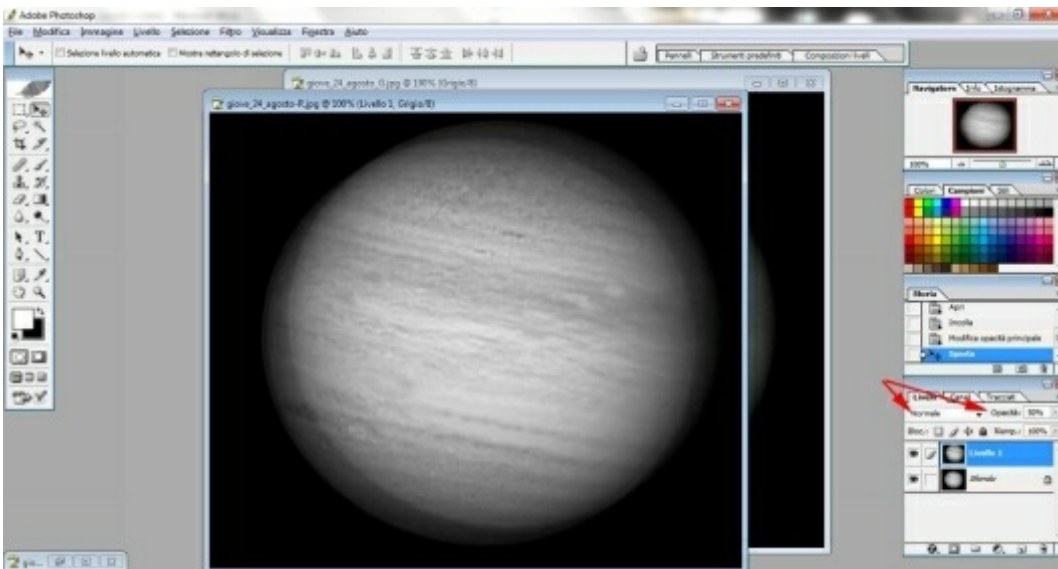
Di modi ce ne sono tanti a seconda del software che preferiamo, ma prima di formare l’immagine dobbiamo allineare maniacalmente i canali. È infatti quasi impossibile che le tre riprese RGB provenienti da altrettanti filmati risultino perfettamente sovrapponibili.

In questi casi possiamo usare le funzioni dei software generici di elaborazione astronomica, tra cui Maxim Dl attraverso il comando “Process —> Align” o più semplicemente Registax. È sufficiente caricare le tre immagini, effettuare l’allineamento come se fosse un filmato ponendo la qualità pari a zero (non vogliamo escludere un canale!), l’ottimizzazione e nella scheda di stacking concentrare l’attenzione sul menu “Create AVI” nella lista presente nella colonna di sinistra. All’interno selezioniamo

l'opzione "as BMP" e poi clicchiamo su "Save Registered". Si aprirà una finestra in cui dobbiamo scegliere la cartella di destinazione e il nome del file. Confermando le tre immagini allineate verranno salvate in formato bmp, pronte per essere unite nella versione a colori.

Allineamento immagini RGB con Registax. Si aprono le tre riprese elaborate e si applicano tutti gli step dell'allineamento e dello stacking, impostando la qualità a zero per non perdere nulla per strada e fermandosi alla finestra di stack. A questo punto nel menu "Create AVI" possiamo salvare la nostra sequenza allineata in formato BMP.

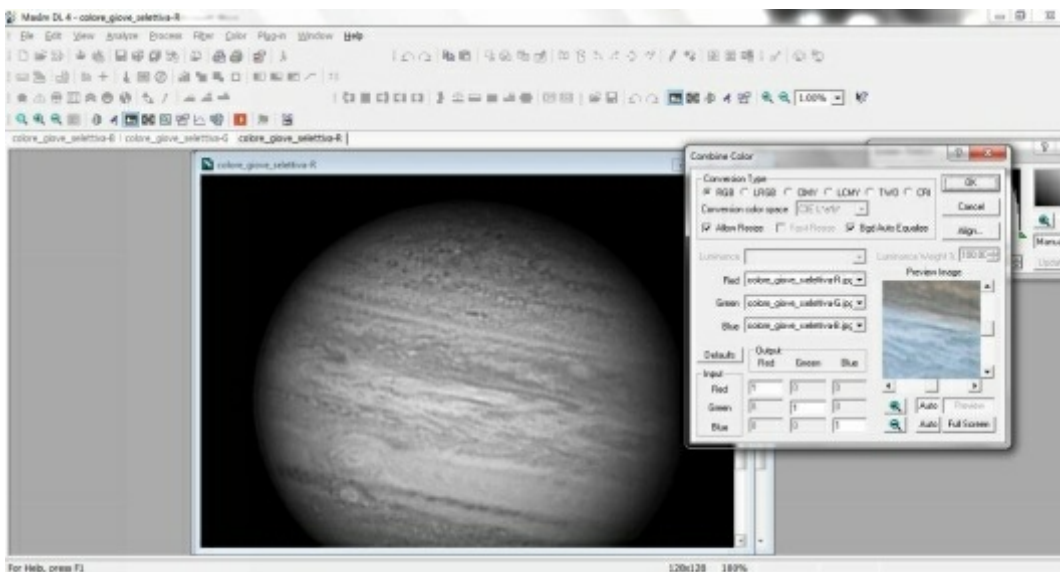
Questo comando è molto utile ogni volta in cui si vuole salvare una sequenza di immagini o un video AVI (basta deselezionare l'opzione "as BMP") con i frame già allineati e selezionati in base alla qualità.

Il procedimento di allineamento si può effettuare anche manualmente con tutti i programmi di fotoritocco, tra cui Gimp e Photoshop in vari modi.

Quello che utilizzo io prevede di aprire i tre canali, sceglierne uno di riferimento in modo casuale (io preferisco il rosso, perché quasi sempre il più definito) e poi incollare come nuovo livello un canale alla volta. Impostando un’opacità di livello pari al 50% sarà possibile effettuare un allineamento manuale molto preciso. Quando siamo soddisfatti riportiamo l’opacità al 100% lasciando il modo di unione impostato su “normale” e poi uniamo i livelli con l’apposito comando del tipo: “ Livello —> Unico livello”. Salviamo con nome l’immagine e ripetiamo la stessa procedura incollando il livello dell’altro canale rimasto fuori.

Allineamento delle immagini RGB con Photoshop. Si considera un’immagine di riferimento, in questo caso la R, si incolla l’immagine del canale G, si imposta l’opacità al 50% e il metodo di unione su normale, come indicato dalle frecce, poi si allinea con il mouse o le frecce i due canali muovendo quello superiore. Si riporta l’opacità al 100%, si uniscono i livelli e si salva con nome l’immagine G allineata. Stessa operazione per la ripresa blu.

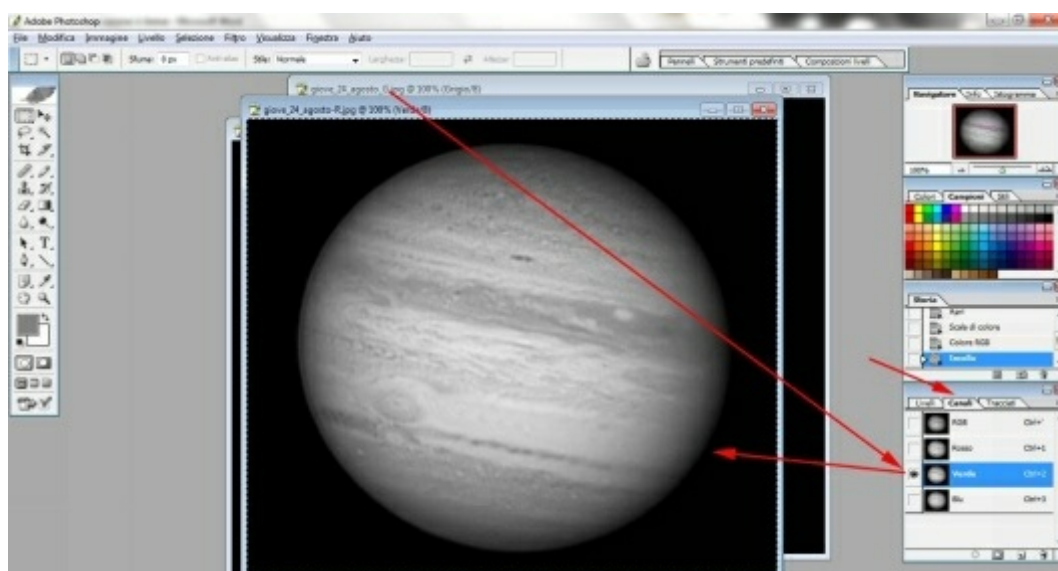
La parte più impegnativa è ormai completata, basta solamente fondere le immagini RGB in un’unica immagine a colori.

Registax a questo punto si ferma perché non è in grado di fare un'operazione del genere. Possiamo usare IRIS, ma è un po' macchinoso perché vuole in ingresso solamente file di tipo fit, oppure Maxim DL e qualsiasi altro programma di fotoritocco come quelli già visti.

Con Maxim DL il comando è semplice: "Color —> Combine color". Nella finestra che si apre si può scegliere il tipo di immagine, nel nostro caso RGB, e il nome dei file. Lasciare inalterate per ora le altre voci. C'è anche presente l'opzione di allineamento, che è la stessa che abbiamo fatto precedentemente con l'apposito comando. Cliccando ok vedremo finalmente la nostra immagine a colori.

Composizione RGB con Maxim DL attraverso l'apposito comando. Molto semplice e affidabile.

Con i programmi di fotoritocco dobbiamo procedere manualmente. Apriamo le tre immagini allineate e consideriamo sempre quella rossa come riferimento. Se il formato è stato salvato in scala di grigio dobbiamo trasformarlo in colore RGB, in modo da rendere possibile poi l'inserimento manuale dei nostri canali.

Per evitare dominanti suggerisco un trucchetto: trasformiamola prima in scala di colore con il comando: “Immagine —> Metodo —> Scala di colore”. Noteremo che la luminosità si abbasserà e questo è il segno che la procedura ci ha salvato da grandi problemi. Senza toccare nulla convertiamola in “Colore RGB” seguendo gli stessi passi.

Ora il formato è pronto per accettare i canali colore. Spostiamoci nella scheda “Canali”, selezioniamo il Verde e incolliamoci sopra la nostra immagine ripresa con il filtro verde. Facciamo la stessa cosa con il blu e il gioco è fatto: ora la nostra immagine rossa è diventata a colori!

Composizione RGB in Photoshop. Si aprono le immagini R, G e B, si seleziona il canale R come riferimento, lo si trasforma prima in scala di colore poi in colore RGB. Poi, aprendo la scheda canali (a destra) si seleziona il verde e ci si incolla la nostra immagine G, ancora in scala di grigio. Stessa cosa per il canale B e la relativa immagine.

Selezionando il canale RGB si può vedere finalmente la nostra immagine a colori, che molto raramente sarà già perfettamente bilanciata come in questo fortunato esempio.

Allineamento dei canali RGB con camere a colori

Probabilmente dopo aver visto tutte queste operazioni, soprattutto quelle riguardanti l'allineamento, i possessori di camere a colori tireranno un sospiro di sollievo pensando che non devono sottoporsi a tutto questo. Anche nel caso in cui si ascoltino i miei consigli e si decida di elaborare i canali separatamente, nel momento in cui vengono rifusi nell'immagine RGB dovrebbero già essere perfettamente allineati.

In realtà, invece, non sempre è così, perché dobbiamo fare i conti con la dispersione atmosferica, che per oggetti inferiori ai 50° di altezza comincia a farsi sentire scomponendo le immagini come se passassero attraverso un prisma.

Quando riprendiamo con camere a colori, gli effetti della dispersione si manifestano con la comparsa di bordi più o meno colorati. Generalmente da una parte domina l'azzurro, dall'altra il rosso. Nei casi più gravi (con oggetti più bassi di 30°) si inizia a notare anche una specie di sdoppiamento dei dettagli, alcuni dei quali hanno bordi colorati.

L'immagine sembrerebbe rovinata, ma in realtà l'effetto che si nota è solamente dovuto al fatto che i singoli canali colore, a causa della dispersione, non sono perfettamente allineati.

Dopo quanto abbiamo visto, allinearli perfettamente sembrerebbe quasi un gioco da ragazzi!

Il livello di spostamento tra il rosso e il blu è generalmente molto contenuto e mai superiore a due-tre pixel, quindi forse non vale la pena fare il procedimento di allineamento descritto nel paragrafo precedente e poi comporre l'immagine a colori.

L'allineamento dei canali RGB a causa della dispersione dovrebbe essere fatto solamente al termine del procedimento di

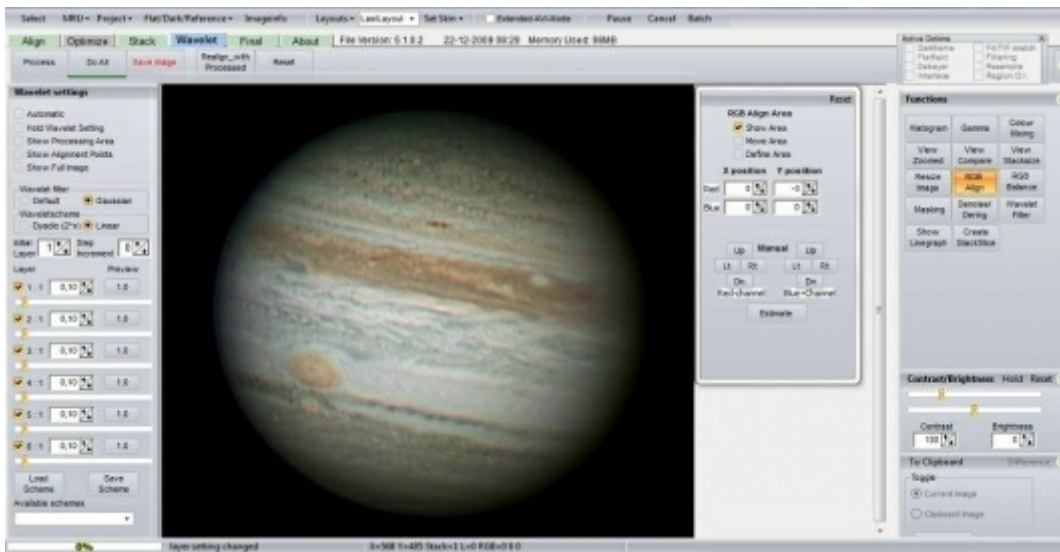
elaborazione, come ultima operazione prima che l'immagine sia completata. Se abbiamo elaborato separatamente i canali, riformiamo l'immagine a colori come descritto nel precedente paragrafo. Se già disponiamo della versione a colori siamo pronti per la fase operativa.

Tipica immagine rovinata dalla dispersione atmosferica. Nonostante una ripresa con camera a colori i canali sono leggermente disallineati. Lo si può notare dal bordo azzurro in basso e il corrispondente rosso in alto. Anche i dettagli del disco sembrano sdoppiati e con contorni colorati. È necessario correggere questo inestetismo.

In questo caso possiamo usare anche Registax.

Se si seleziona una sola immagine si viene catapultati nella scheda "Wavelet", nella quale, a destra, si trova il pulsante che ci interessa: "RGB Align". Si aprirà una piccola finestrella nella quale è possibile spostare manualmente il canale blu e verde in

verticale e in orizzontale fino a quando non si notano più strani bordi o sdoppiamento dei dettagli.

Niente di più semplice!

Allineamento dei canali RGB sull’immagine finale con Registax.

Si può agire anche con Photoshop direttamente sull’immagine a colori. Cliccando su uno dei canali colore, ad esempio il blu, questo si può spostare come fosse un livello autonomo utilizzando lo strumento sposta.

Questa fase si può rivelare molto utile anche come controllo ed eventualmente correzione dell’allineamento dei canali che nel paragrafo precedente abbiamo dovuto fare con le riprese monocromatiche.

Bilanciamento dei colori

Non appena abbiamo a disposizione l'immagine RGB finale, non importa come ottenuta, probabilmente la nostra prima espressione sarà di disgusto. È quasi certo (la piccola speranza del quasi è riservata alle camere a colori) che i colori saranno completamente sballati e il pianeta non somiglierà affatto a quanto visto all'oculare o nelle immagini dei nostri invidiati colleghi. Nessuna paura, purtroppo è normale.

Come ultimo ostacolo al nostro meritatissimo riposo dobbiamo bilanciare i colori.

La notizia buona è che tutti i software di elaborazione permettono questa semplice (in teoria) operazione, compreso Registax. La cattiva è che spesso si deve andare a occhio, cercando di riprodurre le tonalità osservate o delle immagini di altri astroimager.

Mi preme ricordare quanto già detto: se abbiamo regolato curve di luminosità e livelli dei singoli canali RGB allora non riusciremo mai a raggiungere un bilanciamento perfetto; meglio ricominciare da dove abbiamo commesso l'errore.

In tutti gli altri casi è questione di pratica, esperienza, a volte fortuna. Se vogliamo avere una base da cui partire (che spesso è poi molto vicina alla realtà), possiamo tentare la strada di quello che si chiama bilanciamento del bianco, in inglese "White balance".

Dove possiamo farlo in modo semplice? In Registax, IRIS, Maxim: tutti i programmi astronomici.

Registax lo chiama "Auto balance" e si trova nella finestra che compare quando si clicca sull'opzione "RGB Balance", proprio adiacente all' "RGB Align" precedentemente utilizzato.

Per attivarlo è sufficiente identificare sull’immagine un particolare che sappiamo con certezza essere bianco (o quasi). Su Giove sono i piccoli cicloni o i festoni equatoriali più luminosi, per Saturno gli anelli, per Marte la calotta polare o le nubi. Cliccare poi sul pulsante “Auto balance” per avere (si spera) dei colori molto vicini alla realtà.

Maxim Dl ha una funzione più potente perché permette di scegliere l’ampiezza della zona considerata bianca, al contrario di Registax.

Selezionando “Color —> White balance” si apre una stretta finestra. L’unica cosa che dobbiamo fare è spostare il mouse sull’immagine, scegliere un’area bianca, non importa se grande o piccola, e cliccarci sopra o disegnarci un piccolo riquadro. Il programma automaticamente correggerà i colori prendendo come riferimento il bianco che abbiamo selezionato.

Se sono necessari dei piccoli ritocchi dobbiamo passare al bilanciamento manuale, regolando con delicatezza i colori fino a quando non raggiungiamo un risultato che ci soddisfa. Questo è possibile farlo con qualsiasi programma, sia astronomico che non.

L’immagine finalmente è pronta; possiamo ora regolare anche curve, livelli e tutto quello che ci viene in mente per renderla esteticamente più appagante.

Prima di cantar vittoria teniamo presente una cosa fondamentale: quello che stiamo osservando sul monitor potrebbe non essere oggettivo, ma dipendere dalle proprietà dello schermo e cambiare radicalmente da un utente a un altro.

Per capire come ci dovrebbero apparire le immagini correttamente bilanciate, possiamo dare un’occhiata a quelle degli astroimager più famosi e prendere degli spunti preziosi per

la delicatissima fase di bilanciamento cromatico.

Ecco in grande il risultato dei nostri sforzi: l'immagine con colori ben bilanciati.

Ricerca amatoriale

Alcune parti di questa sezione sono tratte dal libro "Astrofisica per tutti: scoprire l'Universo con il proprio telescopio".

Se siete ormai degli astrofotografi del cielo con una certa

esperienza e molta voglia di portare al limite la vostra strumentazione, magari affrontando qualche divertente ed emozionante progetto di ricerca, questa è la sezione che fa per voi. Qui, proprio come degli astronomi professionisti, partiremo alla scoperta di tutto quello che il nostro telescopio amatoriale, accoppiato ai moderni dispositivi di ripresa digitale, è in grado di regalarci oltre al mero imaging estetico. Sapete, ad esempio, che moltissime stelle variabili oltre la magnitudine 10 non sono ancora state scoperte? O che è possibile osservare la traccia di un pianeta extrasolare distante centinaia di anni luce mentre attraversa il disco della propria stella? Senza contare poi la possibilità di scoprire asteroidi, comete, supernovae, fenomeni particolari nelle atmosfere dei pianeti.

Insomma, qui, con pazienza, determinazione e curiosità si va in prima persona alla scoperta dell'Universo.

L’astrometria

L’astrometria è una disciplina dell’astronomia estremamente antica e quella che può offrire risultati immediati e semplici per tutti gli appassionati muniti di strumenti di almeno 15 centimetri e camere digitali, reflex e, meglio, CCD.

L’astrometria, letteralmente misura degli astri, è una scienza il cui unico scopo è misurare, nella maniera più accurata possibile, la posizione dei corpi celesti.

Nell’era moderna l’astrometria misura la posizione degli astri rispetto al sistema di coordinate equatoriali.

La misura delle coordinate di un oggetto, attraverso la determinazione dell’ascensione retta (AR) e la declinazione (Dec) è estremamente importante per avere dei riferimenti e, soprattutto, per mostrare eventuali spostamenti di qualche oggetto nel corso del tempo.

In particolare, l’astrometria si mostra utile per:

1) Scoprire comete e asteroidi e caratterizzare la loro orbita a partire dall’analisi dello spostamento rispetto alle stelle di fondo. Quindi, in generale:
2) Determinazione accurata delle orbite di ogni corpo celeste appartenente al Sistema Solare, dai lontani e lenti KBO fino ai detriti spaziali e ai piccoli asteroidi NEO;
3) Analisi dello spostamento di alcune stelle dovuto al moto proprio oppure al fenomeno della parallasse;
4) Rilevazione dei pianeti extrasolari,

analizzando lo spostamento sinusoidale della stella nel cielo.

A esclusione dell'ultimo punto, gli altri sono tutti studi perfettamente alla portata della nostra strumentazione amatoriale, sebbene il terzo non possa offrire risultati utili dal punto di vista scientifico.

La precisione raggiungibile nella determinazione delle posizioni può raggiungere i pochi decimi di secondo d'arco (tipicamente 0,20”-0,30”), un valore ottimo per estrapolare informazioni attendibili, soprattutto su comete e asteroidi.

Sebbene la precisione sia qualche ordine di grandezza inferiore a quella raggiunta dai professionisti (che si avvalgono anche di satelliti ad hoc), il contributo dell'astronomo dilettante è fondamentale per quanto riguarda i corpi minori del sistema solare (asteroidi, KBO, comete, NEO) appena scoperti.

In particolare, ecco cosa è possibile fare:

1) Astrometria di oggetti già scoperti da altri osservatori per determinare in modo preciso l'orbita. Questo lavoro si chiama follow up;

2) Conferma di scoperte effettuate da altri osservatori ma ancora incerte. In effetti una scoperta, per essere confermata, richiede numerosi dati indipendenti, forniti da altri osservatori, tra cui potremmo esserci noi;

3) Ricerca di oggetti nuovi, quasi esclusivamente asteroidi, raramente comete. Anche le supernovae richiedono accurate misure astrometriche per essere individuate e studiate dagli altri osservatori. Benché questa branca della ricerca sembri non avere un collegamento stretto con l'astrometria, in realtà non si può scoprire un nuovo oggetto senza poter determinarne

con precisione la posizione e l'eventuale movimento, se non altro perché altrimenti nessuno lo potrebbe ritrovare!

L'astrometria di elevata precisione è più semplice della fotometria, sia nella fase di acquisizione che in quella di riduzione e interpretazione dei dati.

A prescindere dal campo di applicazione, non dimentichiamo mai qual è il nostro obiettivo: misurare, con la maggiore precisione possibile, le coordinate di un oggetto a partire dalle immagini riprese attraverso il nostro telescopio. Dell'estetica non ce ne importa nulla, come d'altra parte accade in ogni applicazione di valore prettamente scientifico.

Un po’ di teoria

La misura della posizione di un oggetto parte, naturalmente, dall’analisi di una o più immagini acquisite dalla propria camera digitale.

L’identificazione dell’oggetto nell’immagine viene fatta inizialmente attraverso le coordinate x e y che rappresentano la posizione dei pixel nella matrice del sensore. A questo punto bisogna, in qualche modo, passare dalle coordinate locali a quelle equatoriali, ricavando AR e Dec dell’oggetto attraverso quella che si chiama equazione di trasformazione della coordinate. Nell’attuale gergo tecnologico si sentirà spesso il termine “plate solving”, letteralmente risoluzione della lastra, nient’altro che l’identificazione del campo inquadrato attraverso la sovrapposizione di una griglia di coordinate equatoriali all’immagine da analizzare.

A prescindere dai termini, come si passa dalle coordinate x e y dell’immagine digitale a quelle equatoriali?

In linea teorica è semplice. I cataloghi stellari compilati negli ultimi anni da osservatori astronomici e satelliti in orbita mettono a disposizione della comunità astronomica una messe di dati estremamente utile e precisa.

La posizione di milioni di stelle è stata determinata con precisioni di qualche decimo (a volte centesimo) di secondo d’arco.

L’informazione astrometrica di queste stelle, sparse per tutto il cielo, e dette di riferimento o di paragone, viene utilizzata come calibratore per la misura della posizione di ogni altro corpo celeste.

L’immagine ripresa dalla propria camera digitale viene quindi confrontata con le stelle presenti nei cataloghi stellari. Conoscendo grossomodo il campo ripreso, l’orientazione e la magnitudine limite raggiunta, è possibile sovrapporre le mappe contenenti gli oggetti stellari già calibrati a quelli ripresi nell’immagine; questa operazione permette di riconoscere le stelle di riferimento e le loro coordinate.

Utilizzando molte stelle di riferimento, e scartando quelle la cui precisione sulla posizione non è sufficiente per i nostri scopi, il campo ripreso viene calibrato ed è possibile effettuare misure estremamente precise di ogni porzione dell’immagine.

Generalmente la misurazione astrometrica si effettua su un oggetto stellare la cui distribuzione di luce assume un tipico andamento gaussiano, quindi una stella, un asteroide o, al più, il falso nucleo di una cometa.

Precisione ed errori di misura

Come in ogni ambito scientifico, anche nel campo astrometrico esistono gli errori di misura, che devono essere capiti e minimizzati nella fase di acquisizione dei dati e nella successiva riduzione. Contrariamente al caso fotometrico, la comprensione e la stima delle incertezze è più semplice e i software di analisi delle immagini forniscono valori estremamente accurati, che evitano una successiva e lunga analisi manuale.

In questo paragrafo ci concentreremo su come minimizzare le incertezze e ottenere le massime precisioni possibili dal nostro strumento.

Gli errori che derivano dall'analisi astrometrica si possono raggruppare in due grandi famiglie:

1) Errori astrometrici contenuti nelle stelle scelte come riferimento. Queste incertezze non dipendono né dalla tecnica di ripresa né da quella di calibrazione e riduzione dei dati, poiché si tratta di errori contenuti nei cataloghi stellari utilizzati come calibratori. La colpa, quindi, in questo caso non è la nostra ma dei professionisti! Meglio non gongolare troppo, però, perché data l'estrema precisione raggiunta, soprattutto da alcuni cataloghi, questi errori sono generalmente sempre inferiori alla precisione massima raggiungibile dai nostri strumenti e per di più, scegliendo un folto gruppo di stelle di riferimento, possono essere considerati trascurabili. Meglio, meno calcoli da fare!
2) Errore dovuto alla precisa determinazione sull'immagine dell'oggetto che si vuole misurare. In tutte le applicazioni astrometriche amatoriali questa è l'unica

incertezza significativa e capire il perché è abbastanza semplice, richiamando la tecnica utilizzata per la misurazione.

Quando riprendiamo un campo stellare con una certa camera digitale accoppiata a un determinato telescopio, l'immagine delle stelle sul sensore assume un certo diametro apparente, molto maggiore del diametro apparente dell'oggetto. L'effetto è evidente con le stelle, che a rigor di logica dovrebbero apparire come dei punti senza dimensioni, ma che sull'immagine digitale appaiono spesso invece fin troppo dilatate.

Trascurando la precisione nella determinazione delle coordinate delle stelle di riferimento, la precisione della determinazione della precisa posizione dell'oggetto da studiare è influenzata e limitata da questi tre fattori:

a) Campionamento utilizzato, ovvero la scala dell'immagine, funzione del diametro dei pixel del sensore e della focale dello strumento. Capire in che modo la scala dell'immagine influenza la precisione raggiunta è semplice. Se ho un'immagine ripresa con una scala di 10"/pixel e un'altra a 1"/pixel, la determinazione della posizione della stella che voglio studiare sarà più precisa nel secondo caso perché potremmo dire impropriamente "si ha un ingrandimento maggiore";

b) Rapporto S/N (segnale/rumore) dell'oggetto da misurare. Migliore è il segnale, maggiore è la precisione raggiungibile;

c) Fattori esterni, tra i quali spicca la sempre presente turbolenza atmosferica. Inoltre, cattivo inseguimento, sfocatura e difetti nella qualità ottica dello

strumento (comprese le aberrazioni extra-assiali) introducono altre incertezze perché spalmano la figura della stella sul sensore e ne alterano la forma, impedendo di capire quale posizione occupa realmente.

Dopo queste considerazioni le premesse non sembrano rosee, perché con il seeing medio delle nostre latitudini che spappola le stelle e ce le fa apparire non più piccole di 1,5” nel migliore dei casi, come possiamo raggiungere precisioni di decimi di secondo d’arco nella misurazione delle coordinate di un oggetto?

Il trucco c’è ed ora cercherò di spiegarlo.

Sappiamo già che le sorgenti puntiformi sul nostro sensore non appariranno mai come dei perfetti punti ma si disporranno su diversi pixel. Quello che ancora non è stato detto è che la distribuzione della luce di una sorgente puntiforme su un sensore digitale ha una forma ben determinata, molto simile a una curva gaussiana.

Per fare una misurazione molto precisa e aggirare ostacoli insormontabili, un perfetto software di analisi astrometrica dovrebbe studiare la distribuzione della luce della sorgente d’interesse e trovarne il centro con la massima precisione possibile. Questa rappresenterà la migliore approssimazione della posizione reale del nostro oggetto puntiforme.

In gergo astronomico, la distribuzione della luminosità di una sorgente puntiforme vista attraverso un telescopio prende il nome di PSF (Point Spread Function).

La PSF è una curva matematica dalla forma a campana che tenta di descrivere, nel modo più preciso possibile, la distribuzione delle intensità luminose provenienti da un oggetto stellare ripreso da un sensore CCD.

La PSF è una curva matematica continua, quindi ideale. I

pixel del sensore, per quanto piccoli, sono elementi discreti, ovvero finiti, quindi non possono in alcun modo contenere un qualcosa che varia in modo dolce e continuo come una funzione matematica.

Sembra che siamo arrivati a un vicolo cieco. Dove voglio andare a parare? E perché la PSF dovrebbe aiutarci a ottenere una precisione migliore? Se riprendo con un campionamento di 2”/pixel, com’è possibile stimare la posizione di una stella in modo più accurato? Se questa è sul pixel X, avrà una certa posizione, se sarà sul pixel adiacente avrà una posizione pari a X+2”. Sembra quindi impossibile conoscere la sua posizione a meno della scala dell’immagine utilizzata, cioè 2”.

È qui che avviene la “magia” di un buon software di analisi astrometrica, in collaborazione con la funzione PSF. Estrapolando la luminosità della stella per ogni pixel occupato dalla sua figura, il programma effettua un fit dei dati ce vi sovrappone la funzione PSF ideale che meglio interpreta i dati ripresi. Si opera una specie di trasformazione: da una griglia di pixel che non possono dare una precisione maggiore della scala dell’immagine, a un modello matematico continuo, la PSF, che non ha più questo limite.

Con questa assunzione e con la forma particolare della PSF, il cui picco di solito è ben definito, si può individuare il centro dell’immagine della stella da studiare con una precisione di gran lunga maggiore della scala dell’immagine, con valori che possono raggiungere anche 1/15 di pixel.

In situazioni perfette questo decritto sarebbe un modo di procedere spettacolare, perché incrementando il campionamento aumenterebbe di conseguenza anche la precisione.

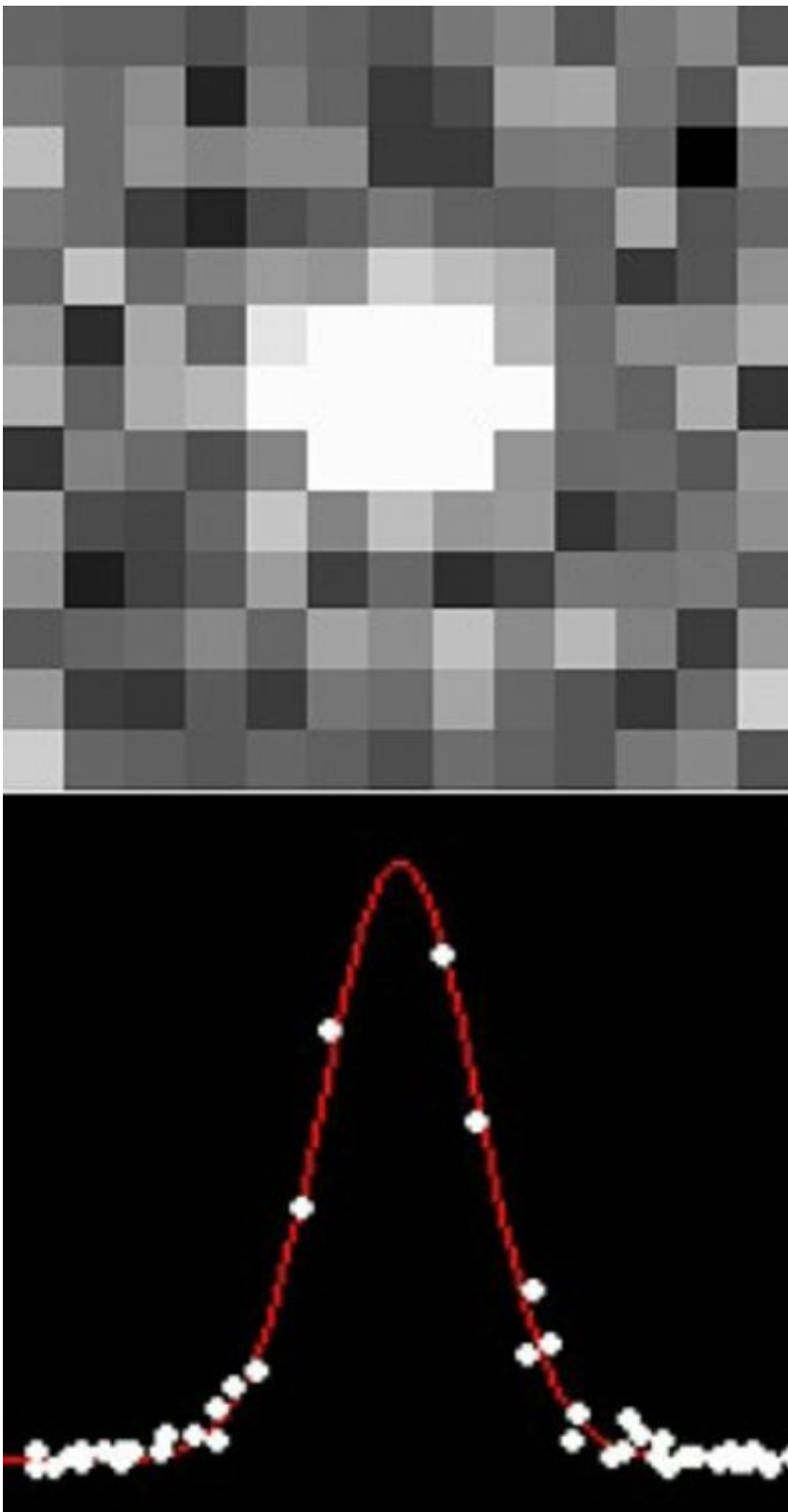
Purtroppo non esiste una situazione perfetta e vi sono altri

fattori che limitano la precisione astrometrica raggiungibile, tra i quali il rapporto S/N, la turbolenza atmosferica e, in generale, la qualità delle immagini riprese. Partiamo da questo ultimo punto, che è il più semplice da capire.

Se l'immagine stellare risulta leggermente mossa o elongata a causa di qualche aberrazione extra-assiale (ad esempio il coma, presente in tutti i riflettori newtoniani molto aperti), diventa molto difficile per il software interpretare i dati sperimentali e sovrapporre alla stella una buona curva gaussiama.

Se l'immagine è fuori fuoco, la distribuzione della luce non si approssima più con una curva gaussiana e il software restituisce dati affetti da notevoli errori.

Se l'immagine stellare risulta saturata, l'andamento dei dati sperimentali non si approssima più con una sola PSF perché ci sarà una zona di diversi pixel che avranno tutti lo stesso valore di saturazione.

Queste citate sono le situazioni più frequenti e quelle che introducono maggiori incertezze; fortunatamente sono eliminabili in fase di ripresa.

La “magia” di un software di riduzione astrometrica. Da una distribuzione della luce stellare discreta (in alto), composta da pochi pixel, il programma extrapola una funzione matematica continua, il cui picco rappresenta la migliore approssimazione della posizione della stella (in basso). Tutto questo attraverso il fit dei valori di luminosità dei pixel (punti bianchi).

Campionamento adatto

La scala dell'immagine, pur non rappresentando l'unico elemento per la precisione fotometrica, è senza dubbio una condizione necessaria, sebbene non sufficiente, per sperare di avere una precisione migliore di 1 secondo d'arco nella determinazione delle posizioni degli oggetti, valore buono per l'astrometria di corpi celesti estremamente deboli quali gli asteroidi e lontane comete.

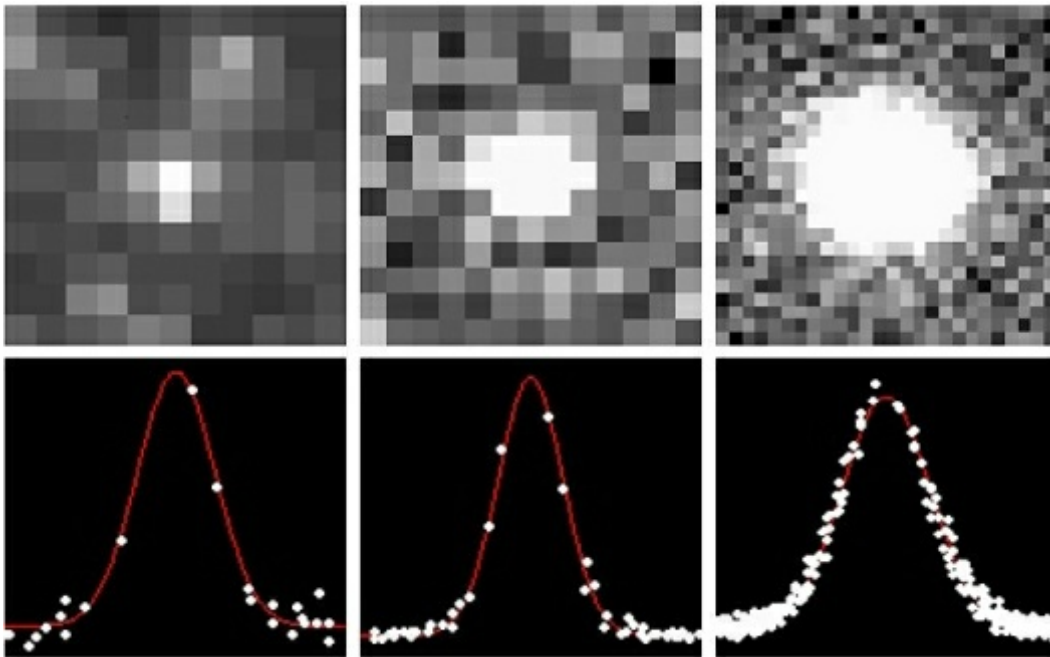
Dopo aver visto come lavora un software nel determinare con precisione il centro dell'oggetto puntiforme da studiare, appare evidente che la scala dell'immagine debba essere tale che la luce della stella sia concentrata su un nutrito gruppo di pixel, senza però effettuare alcuna sfocatura.

Data la distribuzione gaussiana delle sorgenti puntiformi, è utile parlare in termini di FWHM, ovvero della larghezza della curva a metà intensità, la grandezza utilizzata per stimare i diametri stellari nelle riprese.

In questi termini, avere una FWHM pari a 1 pixel significa necessariamente avere poca precisione perché il programma non avrà abbastanza informazioni sulla distribuzione della luce della stella. Al contrario, una FWHM di 10 pixel implica una precisione notevole, ma allo stesso tempo una profondità minore, poiché la luce stellare si sparpaglia su una superficie maggiore.

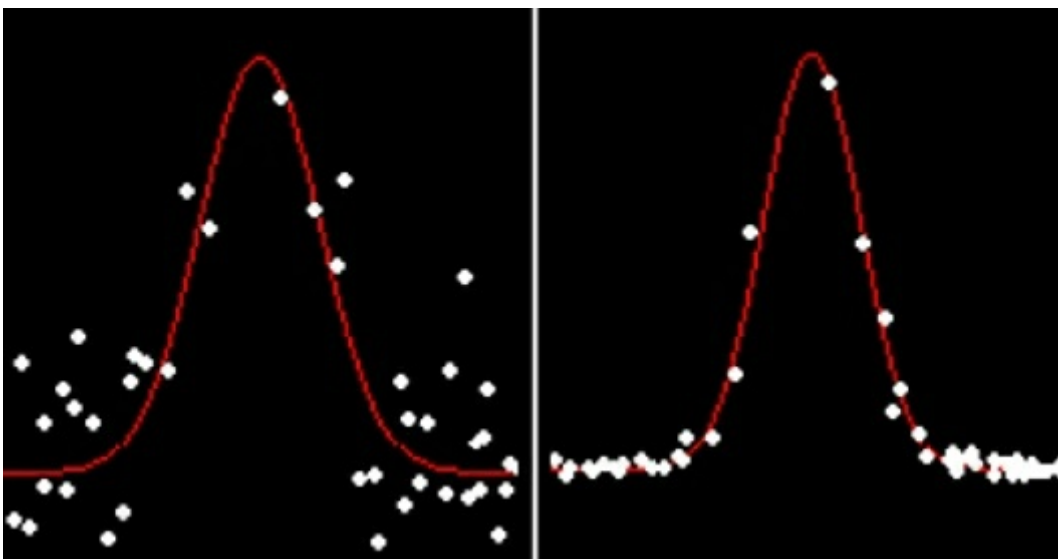
In astrometria esiste un ottimo compromesso tra questi due valori limite: il valore del cosiddetto campionamento ideale produce una FWHM stellare pari a circa 3-4 pixel. Con questo valore, che rappresenta un limite inferiore per avere posizioni sufficientemente precise, si ottiene il massimo guadagno anche in termini di rapporto S/N, quindi di profondità stellare.

Se non si hanno problemi di luminosità e di rapporto S/N, si può considerare anche un leggero sovracampionamento, portando la FWHM a 5-6 pixel.

La scala dell'immagine ideale risultante, considerando le condizioni di seeing medio italiano, è quindi di circa 1-1,5"/pixel.

Andamento della precisione astrometrica in funzione del campionamento utilizzato. A parità di altri fattori, in astrometria non paga avere stelle piccole come capocchie di spillo, come nell'immagine a sinistra. La luce è infatti troppo concentrate per permettere al programma una precisa analisi della sua distribuzione. Nell'immagine a destra siamo invece nella condizione limite opposta. L'immagine è sovra campionata. Il software di analisi ha molti dati sperimentali da analizzare per trovare il centro preciso, ma i grandi diametri stellari implicano una notevole perdita di magnitudine limite. Al centro la situazione ideale con un campionamento corretto che preserva sia la profondità raggiunta che la precisione nella determinazione del centro stellare.

Rapporto S/N

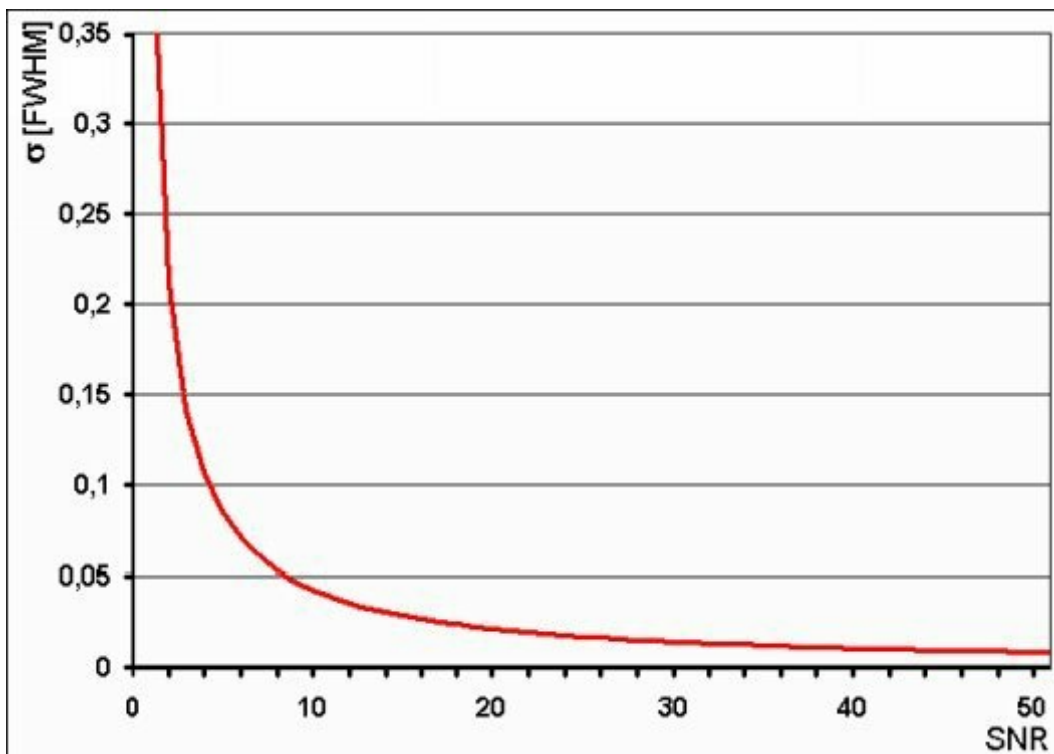
Il segnale della sorgente da studiare rispetto al livello del rumore è altrettanto importante nella precisione astrometrica.

E' facile intuire che maggiore è il rapporto S/N, minore sarà l'incertezza sulla luminosità dei pixel contenenti la luce dell'oggetto da studiare, maggiore sarà quindi la precisione raggiunta dalla curva di fit, di conseguenza anche la precisione astrometrica.

A sinistra: la distribuzione della luce di una stella molto debole con scarso segnale e la sovrapposizione della curva di fit che ne rappresenta l'andamento. A destra, la distribuzione di una stella con migliore rapporto S/N. Si può vedere anche a occhio come la campana dell'immagine a destra sia più stretta di quella a sinistra. Poiché le stelle sono contenute nella stessa immagine, ci si aspetterebbe una distribuzione luminosa identica, cosa che non avviene. L'incertezza nell'immagine della sorgente con peggiore S/N è maggiore di quella con ottimo S/N.

In definitiva, se lavoriamo con un buon campionamento, l'andamento della precisione astrometrica dipende dalla FWHM stellare (influenzata da turbolenza, sfocatura, aberrazioni) e dal rapporto segnale/rumore, secondo la relazione:

σ_{PSF} = FWHM/(2,355*S/N) , dove la FWHM è espressa in secondi d'arco e si ricava conoscendo il valore in pixel e moltiplicandolo per il campionamento.

Lavorando con FHWM pari a circa 4" su un oggetto con S/N pari a 4 si raggiunge una precisione di 0,40".

Un tale rapporto Segnale/Rumore appartiene a un oggetto estremamente debole e questa è una buona notizia perché significa che non è necessario disporre di immagini con elevato segnale per raggiungere buone precisioni, al contrario della fotometria di alta precisione.

Andamento dell'incertezza nella misura della posizione dell'oggetto in funzione del rapporto segnale/rumore. L'errore qui rappresentato è espresso in pixel. Per conoscere l'effettiva precisione in secondi d'arco è necessario moltiplicare il sigma per il valore della FWHM espresso in secondi d'arco.

Generalmente i software di riduzione astrometrica forniscono l'errore commesso nel fitting della PSF quando si effettua la misura stessa. Inoltre, forniscono anche l'errore restituito dalle stelle di paragone. Se le misurazioni sono estremamente precise e

i due errori sono confrontabili, occorre stimare l'incertezza totale applicando le semplici regole della propagazione degli errori. Se chiamiamo σ_{PSF} l'errore commesso nell'identificazione della PSF e σ_{REF} quello introdotto dalle stelle di riferimento, l'errore astrometrico totale sarà: $\sigma_{AST} = \sqrt{(\sigma_{PSF}^2 \ \sigma_{REF}^2)}$ ma in generale, come già detto, l'errore dominante sarà solamente quello dovuto alla posizione della sorgente da studiare.

La strumentazione

Capito come si fa astrometria sulla carta, è giunto finalmente il momento di passare alla parte pratica.

La strumentazione richiesta è semplice e si limita a una camera digitale, monocromatica, possibilmente con risposta lineare e controllo della temperatura, accoppiata a un telescopio da almeno 20-25 centimetri, con un favorevole rapporto focale.

Visto che il campo di applicazione della ricerca si focalizza verso oggetti estremamente deboli, è importantissimo che setup sia in grado di raggiungere un'elevata magnitudine in un tempo di ripresa non troppo lungo. Questo significa utilizzare telescopi con rapporti focale non superiori a f7-8 e sensori estremamente sensibili; da escludere la presenza di qualsiasi filtro, che crea più danni che benefici. Inutile dire che servirebbe anche un cielo abbastanza scuro.

Per telescopi da 25 centimetri, un cielo scuro e le moderne e sensibili camere digitali utilizzate al campionamento ideale, un esposizione di 5 minuti permette di arrivare alla magnitudine 20 con un segnale sufficiente per essere analizzato con una precisione migliore di un secondo d'arco.

Il telescopio ideale è costituito da un Newton da almeno 25 centimetri di diametro, aperto a f4,5 e dotato necessariamente di correttore di coma. Il campo di questi strumenti è infatti corretto solamente entro pochi millimetri dall'asse ottico; già a 5-6 millimetri si comincia a notare il coma, un'aberrazione extra-assiale che allunga le stelle e riduce drasticamente la precisione astrometrica.

Naturalmente il tubo ottico deve essere posto su una solida montatura equatoriale dotata di motorizzazione, porta per

l’autoguida e, possibilmente, puntamento automatico. Quest’ultimo è molto comodo e qualche volta indispensabile per puntare oggetti estremamente deboli all’interno di un campo di pochi minuti d’arco, in un tempo ridotto.

La montatura deve essere in grado di seguire per alcuni minuti senza presentare il minimo mosso. Per strumenti fino a 25 centimetri, con focale non oltre 1,2-1,5 metri, la montatura EQ6 possiede una precisione ancora accettabile.

Il sensore di ripresa, di tipo CCD, preferibilmente monocromatico e progettato per le applicazioni astronomiche, deve essere raffreddato per ridurre al minimo il rumore, sebbene non sia fondamentale un controllo elettronico della temperatura. Molto importante è la sensibilità, espressa in termini di efficienza quantica, che deve essere la maggiore disponibile sul mercato, se il nostro scopo è cercare e caratterizzare le orbite di piccoli asteroidi e comete. Per questo motivo le camere non munite di porta antoblooming sono preferibili.

Critica è la scelta delle dimensioni dei pixel, che va fatta tenendo presente il campionamento ideale, quindi la focale del telescopio con cui verrà utilizzata. L’unica indicazione che è possibile dare in queste pagine è di andare contro la tendenza del mercato che propone pixel sempre più piccoli. Per l’astrometria condotta con strumenti da oltre un metro di focale non è conveniente utilizzare sensori con pixel molto più piccoli di 8-9 micron.

Molto importante è anche il campo reale inquadrato: maggiori sono le dimensioni del sensore, più facile e precisa sarà la fase di riduzione astrometrica perché ci saranno più stelle di riferimento da utilizzare.

La ripresa delle immagini fotometriche

Una sessione astrometrica, come ogni lavoro scientifico, va programmata e affrontata conoscendo già la tecnica necessaria per raggiungere l'obiettivo che ci siamo prefissati.

La tecnica e gli accorgimenti da prendere variano a seconda del campo di applicazione. Per l'astrometria di alta precisione dei corpi minori del Sistema Solare, il campo più delicato e impegnativo, ecco le fasi da affrontare per poter raggiungere il limite della propria strumentazione:

1) Stazionare lo strumento in modo molto accurato. La rotazione di campo non è un problema enorme, a patto che non si verifichi durante la singola posa, ma può creare problemi per un puntamento preciso;
2) Messa a fuoco accurata. Questa fase è critica e richiede moltissima attenzione. Controllare la messa a fuoco anche nel corso della sessione astrometrica. Immagini leggermente sfocate non pregiudicano troppo la precisione ma limitano la magnitudine raggiungibile. Immagini molto sfocate, invece, inficiano irrimediabilmente la precisione;
3) Controllare il funzionamento dell'autoguida e sapere qual è eventualmente il limite per la durata delle pose. Tutte le immagini riprese devono avere stelle circolari e non allungate; a tal punto è consigliabile anche:
4) Controllare la collimazione del proprio strumento: immagini affette da aberrazioni non hanno precisione sufficiente;
5) Sincronizzare l'orologio del computer.

Questo punto è FONDAMENTALE nel caso si dovesse seguire un asteroide o un corpo con elevato moto proprio, che quindi cambia continuamente le proprie coordinate. La precisione delle misure temporali deve essere accurata almeno entro un secondo. La rete è piena di programmi gratuiti che sincronizzano l'orologio del computer con gli orologi atomici dei vari istituti di ricerca. Non sottovalutare questa fase che potrebbe, se non fatta con la dovuta precisione, portare all'inutilità dei dati;

6) Sebbene non necessario, è consigliabile orientare la camera con il polo nord celeste in alto. Questa semplice procedura aiuta molto il software di analisi astrometrica nel riconoscere il campo e dà un buon criterio per ordinare tutti i nostri dati futuri;

7) Impostare, nel programma che gestisce la camera CCD, i dati del setup di ripresa, soprattutto riguardanti il diametro e la focale del telescopio. Questi sono molto importanti perché verranno salvati nel file delle immagini. Salvo problemi insormontabili, le riprese vanno salvate in formato fit. Ogni immagine in formato fit contiene, infatti, tutti i dati di ripresa quali la data, l'esposizione, la focale, il diametro del telescopio, la temperatura di lavoro del CCD, il campionamento, il guadagno del sensore, il numero di pixel e le loro dimensioni. Queste informazioni verranno poi lette dal software di riduzione astrometrica che saprà istantaneamente, senza l'intervento dell'utente, tutte le informazioni necessarie per una corretta calibrazione.

Una volta effettuati questi controlli, si comincia la sessione vera e propria che dipende dal progetto che vogliamo condurre.

Se facciamo attività di ricerca di nuovi oggetti dovremo spazzolare campi di ripresa o galassie (nel caso in cui cerchiamo supernovae) in breve tempo.

Se seguiamo piccoli asteroidi o comete appena scoperti per determinarne l'orbita, allora una sessione astrometrica prevede l'acquisizione di una serie di immagini con la profondità richiesta, per qualche ora, da confrontare e misurare. Il tempo di esposizione varia con la magnitudine che si vuole raggiungere e con il moto proprio dell'oggetto, stando sempre ben attenti a non saturarlo.

Per i corpi con moto proprio apprezzabile, l'esposizione deve essere tale da non evidenziare il moto dell'oggetto (quando possibile), altrimenti la precisione ne risentirebbe notevolmente. Generalmente, per gli asteroidi della fascia principale l'esposizione massima può arrivare anche a 5 minuti, mentre per i NEO, gli asteroidi vicini alla Terra, si scende a 30-60 secondi. Ecco perché servirebbe un telescopio molto luminoso, come un Newton di diametro generoso.

Si può utilizzare tranquillamente la tecnica di somma o media di più immagini, a patto che nessuno degli oggetti del campo risulti mosso, così come un eventuale binning 2x2 se la profondità raggiunta non è sufficiente.

In generale, per confermare qualsiasi posizione occorrono almeno 3 immagini ottenute a distanza di una ventina di minuti, magari in due serate consecutive. In caso contrario, i dati non saranno presi in esame dalla comunità scientifica. Il consiglio è ottenere ben più di tre misurazioni!

Ogni immagine deve essere prima di ogni altra operazione (compresa eventuale somma con altre riprese) calibrata con un master dark frame frutto della mediana di almeno 5-7 singoli

dark. Meno fondamentale, anche se comunque importante, è la correzione per il flat field, specialmente se la ripresa avviene in luoghi con inquinamento luminoso o con strumenti che presentano il fenomeno della vignettatura. Anche in questo caso l'ideale è un master flat field frutto della media di almeno una decina di singoli flat field. La media è importante per non introdurre nell'immagine da calibrare altro rumore che abbasserebbe il rapporto segnale/rumore degli oggetti deboli.

Come si fa astrometria in pratica

La riduzione astrometrica è semplice e veloce. Prima di tutto bisogna calibrare tutte le singole immagini con i relativi dark frame e flat field. A questo punto, senza altri interventi, si passa alla riduzione astrometrica vera e propria, che si fa con dei software che provvedono a fare in automatico tutte le fasi necessarie.

Nel panorama amatoriale due programmi si rivelano particolarmente utili: uno è l'onnipresente IRIS, l'altro è Astrometrica, il software più semplice, preciso e completo al quale gli astrofili possono accedere, per di più con una spesa contenuta entro qualche decina di euro: http://www.astrometrica.at/default.html?/download.html.

In queste pagine ci riferiremo a questo software, che sotto molti punti di vista è migliore di IRIS, ma le procedure sono comunque simili per entrambi.

E' estremamente importante che l'oggetto da misurare non sia saturo, così come tutte le stelle di paragone. Se nel campo ce ne sono alcune (e capita spesso), non preoccupiamoci, basterà scartarle nelle fasi successive affinché non pregiudichino la precisione raggiunta.

La prima cosa da fare è configurare il programma e inserire tutti i dati: coordinate del sito osservativo, eventuale codice MPC (vedremo tra poco cosa significa), dati del telescopio e del CCD, e le configurazioni per la riduzione astrometrica, tra cui la scelta del catalogo di stelle di riferimento.

A proposito dei cataloghi, di cui non abbiamo ancora parlato approfonditamente, è meglio fare un po' di chiarezza. Questi infatti rappresentano la base da cui il programma attinge per

calcolare le coordinate precise del nostro oggetto attraverso la scelta delle stelle di riferimento. I cataloghi stellari più importanti sono sostanzialmente due:

1) il GSC, Guide Star Catalogue, contiene posizioni, con precisione molto migliore di 1", di 15 milioni di stelle fino alla magnitudine 16. Originariamente nato come catalogo di stelle di guida e puntamento per il telescopio spaziale Hubble, è stato sostituito dal GSCII, un database contenente astrometria e fotometrica di circa 450 milioni di stelle. La prima versione si può scaricare gratuitamente da internet e importare nel programma Astrometrica o qualsiasi altro software di riduzione astrometrica:

http://gsss.stsci.edu/Catalogs/GSC/GSC1/GSC1.htm;

2) L'USNO, (US Naval Observatory Catalogue). La versione 1 contiene posizioni e fotometria, con precisioni intorno a 0,20" di stelle dalla magnitudine 11 alla 19, per un totale di 430 milioni di oggetti. La versione 2, più aggiornata, contiene la posizione, con una precisione simile, di oltre 500 milioni di stelle. Probabilmente questo è il catalogo più utile per l'astrometria di alta precisione, soprattutto se il campo inquadrato dalla propria strumentazione è piuttosto stretto. Si può scaricare partendo da questo link: http://tdc-www.harvard.edu/catalogs/ua2.html.

Se si utilizza il programma Astrometrica, sarà proprio questo a scaricare da internet automaticamente, in base alle coordinate del campo da indagare, le informazioni contenute nel catalogo USNO-1B. Sfortunatamente questa comoda operazione è possibile solo con questo catalogo.

Se si ha la pazienza di scaricare dalla rete l'immensa mole di dati del catalogo USNO-2A e/o del GSC (poco più di una decina di GB) si potrà confrontare la precisione e l'efficienza della riduzione astrometrica e scegliere il catalogo più adatto a seconda delle situazioni.

Generalmente il GSC è adatto per campi più larghi e meno profondi, particolarmente utili per l'astrometria di supernovae, novae e tutti gli oggetti che non richiedono precisioni altissime per essere caratterizzati. Per l'astrometria dei corpi deboli in movimento il catalogo USNO, in particolare nella versione 2, si rivela più efficiente.

Configurato il programma e scelto il catalogo, possiamo passare finalmente alla fase operativa. Basta caricare l'immagine o le immagini da analizzare e poi cominciare la riduzione astrometrica.

Appena avviata la riduzione attraverso il menù (Astrometry—>data reduction) verrà chiesta la conferma dell'orario di ripresa, poi si dovranno inserire le coordinate approssimate del centro dell'immagine, oppure il nome dell'asteroide ripreso.

Astrometrica è ottimizzato per la posizione dei corpi minori del sistema solare e si collega direttamente al sito del Minor Planet Center (MPC) per scaricare nomi ed effemeridi aggiornate in tempo reale. Questo permette di individuare, in modo automatico, tutti gli oggetti stellari e cercare subito una corrispondenza con le stelle contenute nel catalogo di riferimento selezionato. Il processo richiede pochi secondi. Al termine dell'operazione, se è andata a buon fine, compariranno nell'immagine le stelle di riferimento utilizzate (spesso oltre le 50) e in una finestra l'incertezza risultante.

Non tutte le stelle di paragone hanno posizioni conosciute

con estrema precisione e/o sono adatte per essere utilizzate (ad esempio sono saturate), per questo è necessario operare un'attenta analisi manuale, scartando quelle il cui errore è superiore al mezzo secondo d'arco. Non c'è bisogno di andare a caso, perché Astrometrica indica con cerchi di diversi colori le stelle la cui precisione non è sufficiente (maggiore di 1") ai nostri scopi. L'uso di almeno una decina di ottime stelle di paragone permette di ridurre l'errore residuo, che si assesterà tipicamente intorno a 0,15". Questa è l'incertezza che nelle pagine precedenti abbiamo chiamato σ_{REF}.

La calibrazione astrometrica è ora completa e possiamo quindi procedere alla misurazione di ogni corpo celeste contenuto nell'immagine semplicemente cliccandoci sopra.

Quando clicchiamo su un oggetto puntiforme, il programma analizza istantaneamente il profilo di luminosità e vi sovrappone il fit della PSF stellare per individuare con la massima precisione il centro, quindi le coordinate equatoriali. Viene fornita anche una stima della magnitudine dell'oggetto, la cui precisione aumenta a seconda delle stelle di paragone utilizzate (non devono essere sature) e dell'eventuale presenza di filtri fotometrici.

Ora è sufficiente annotare la posizione e l'errore corrispondente in ciascuna delle immagini della sessione e salvare i dati ottenuti in un formato testuale.

Astrometrica salva i dati nel formato standard utilizzato dagli osservatori del Minor Planet Center, l'ente che raccoglie tutte le informazioni in merito alla scoperta e all'astrometria di tutti i corpi minori del sistema solare.

A chi rivolgersi

La domanda, a questo punto, potrebbe sorgere spontanea: quando abbiamo raccolto dati precisi e utili dal punto di vista scientifico, cosa ci facciamo? A chi vanno inviati? E in che modo?

Nelle applicazioni astrometriche riguardanti gli asteroidi (scoperta, posizioni astrometriche in funzione del tempo), il Minor Planet Center è l'ente dedicato alla raccolta e alla pubblicazione di dati ed eventuali scoperte. Partecipare, quindi, sembra la naturale evoluzione di tutti coloro che amano fare astrometria. Per farlo bisogna diventare osservatori accreditati presso il MPC.

I passi da seguire sono semplici. Quando il setup e la tecnica sono già state rodate in qualche serata di test e si è in grado di produrre misurazioni con precisioni inferiori ad secondo d'arco, allora il gioco è quasi fatto, basta superare un piccolo esame.

È sufficiente osservare per qualche giorno un asteroide con orbita nota e con una magnitudine compresa tra la 16 la 17, raccogliendo almeno 3 posizioni astrometriche per ogni notte e poi inviare i dati, nel formato accettato dall'ente, via mail. Le misurazioni verranno analizzate e se gli errori commessi saranno inferiori a 1 secondo d'arco l'ente fornirà un codice che identifica l'osservatorio (o il semplice telescopio!) ufficializzando quindi la collaborazione.

Il Minor Planet Center è un'organizzazione seria, coordinata da professionisti, che richiede massima serietà da parte dei collaboratori.

I dati astrometrici vanno forniti in un file di testo con estensione .txt in uno standard ben preciso. Fortunatamente a

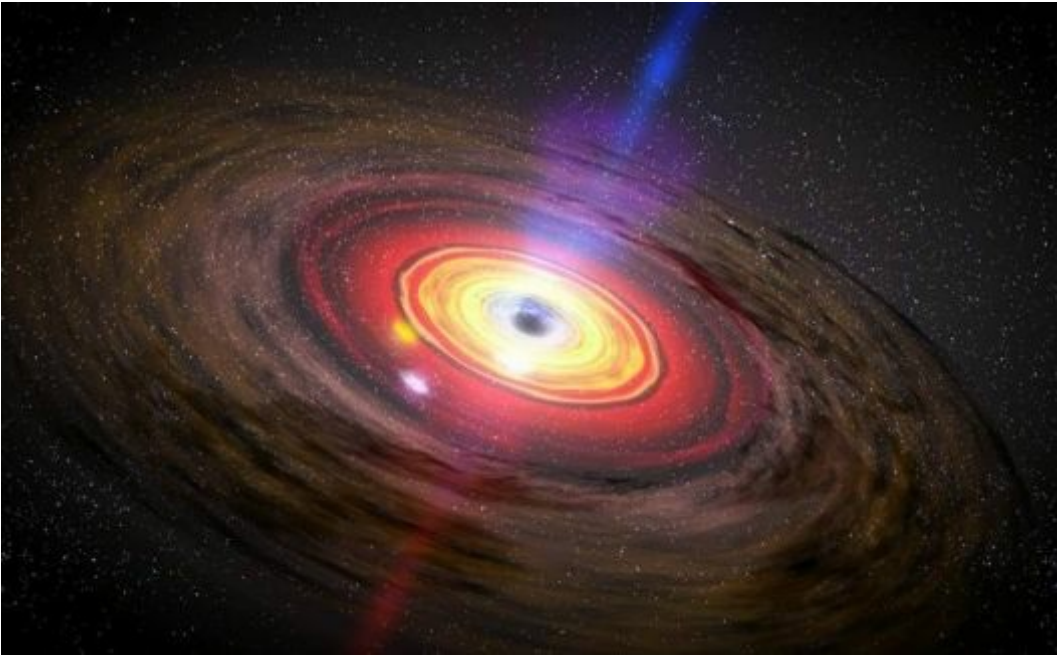
questo pensa tutto Astrometrica in automatico. Il sito web dell'ente: http://www.cfa.harvard.edu/iau/mpc.html contiene una miriade di informazioni e guide per poter migliorare e partecipare attivamente alla ricerca e studio di nuovi oggetti. Consiglio di leggere le istruzioni e i consigli su come ottenere e inviare le misurazioni: un ottimo esempio di metodo scientifico.

Il sito web del MPC contiene anche una lista di oggetti NEO (Near Earth Objects) che richiedono osservazioni ulteriori per confermare la loro scoperta:

http://www.cfa.harvard.edu/iau/NEO/ToConfirm.html . Questa è una pagina da consultare più volte nell'arco della giornata per programmare eventuali osservazioni. Non di rado capitano oggetti molto interessanti e piuttosto luminosi (mag < 16) alla portata di tutti i telescopi.

Inutile dire che la concorrenza è spietata: gli osservatori amatoriali sono centinaia e le grandi survey professionali si accaparrano una buona fetta delle scoperte.

Per tutti i fenomeni transienti, quali nuove comete, novae e supernovae, il centro che raccoglie dati e osservazioni è il CBAT (Central Bureau fot Astronomical Telegram), che ha una struttura simile a quella del MPC.

Astrofisica

Alcuni degli articoli che vedremo sono estratti dal mio libro: "Nella mente dell'Universo"

Questa sezione, suddivisa in due rubriche, l'una un po' più tecnica, l'altra più semplice, rappresenta il cuore di questi volumi e ci proietta verso i grandi temi dell'astronomia teorica. Pianeti, stelle, galassie, buchi neri, quasar, nebulose, ammassi stellari, materia oscura, destino dell'Universo… Affronteremo insieme, mese dopo mese, un viaggio dal piccolo al grande, dal semplice al complesso, attraverso la struttura dell'Universo e le proprietà dei suoi strani abitanti. Per quanto possibile eviterò formule e concetti di difficile comprensione, rendendo l'articolo principale accessibile a tutti. La seconda parte, decisamente più rilassante, è a completa disposizione per tutte le domande sul Cosmo che la vostra mente riesce a concepire.

Il destino dell’Universo

Qual è il destino dell’Universo? E come si comportava inizialmente? La sua espansione è costante? Sta rallentando? Sta accelerando? Come è possibile capirlo?

Secondo le attuali osservazioni e i conseguenti modelli, l’Universo è nato circa 14 miliardi di anni fa da un evento iniziale che ha creato, oltre alla materia e all’energia, anche lo stesso spazio e il tempo.

È quindi riduttivo pensare la nascita dell’Universo come un’esplosione in una zona di spazio già esistente. Il Big Bang ha creato lo spazio, che prima semplicemente non esisteva. Esso può essere pensato come un palloncino che a un certo punto si gonfia, riempiendosi di aria (materia) ed espandendosi, quindi creando letteralmente nuovo spazio.

Dopo questo evento iniziale, l’Universo si è continuato a espandere fino ai giorni nostri. L’unica forza in grado di rallentare la velocità di espansione è solamente una: la gravità dei corpi celesti e di tutta la materia contenuta.

Il destino dell’Universo è quindi legato alla quantità di materia presente: se è maggiore di un certo limite critico, la forza di gravità prima o poi fermerà l’espansione e l’Universo comincerà addirittura a contrarsi. Se è minore del valore critico, niente e nessuno potrà fermare l’espansione dell’Universo, che procederà all’infinito.

Invece di parlare di massa possiamo considerare la densità, ovvero la concentrazione di materia. Secondo questa

convenzione, la densità critica rappresenta la densità di materia necessaria per fermare completamente l'espansione.

Possiamo infatti immaginare l'Universo a grandissima scala come isotropo e omogeneo, cioè come identico in ogni direzione (isotropo) e con la materia distribuita in modo uniforme (omogeneo).

In questo caso, invece di quantificare tutta la massa presente che sarebbe davvero impossibile da stimare, possiamo misurare la densità di una porzione locale e poi assumere questo valore come costante e tipico dell'intero Universo e da esso capire se la materia presente è sufficiente a fermare o meno l'espansione.

A questo punto ci sono sostanzialmente tre casi, che dipendono dal rapporto tra la densità reale e quella critica. Questo rapporto è detto omega(Ω):

1) Se $\Omega > 1$ la densità reale è maggiore di quella critica, ergo, la massa contenuta è in grado di fermare l'espansione e addirittura invertirla. L'Universo prima o poi subirà una contrazione, che farà collassare tutta la materia in un punto, formando, teoricamente, un nuovo Big Bang. Questa contrazione è chiamata Big Crunch, letteralmente grande collasso. La teoria ammette l'esistenza di infiniti universi che probabilmente si ripetono esattamente uguali a loro stessi, confermando la congettura filosofica di Nietzche sull'eterno ritorno;
2) Se $\Omega = 1$ la densità reale è esattamente quella critica. Questo implica che l'Universo ha abbastanza massa per fermare l'espansione ma non per iniziare la fase di contrazione. In altre parole, in un tempo tendente all'infinito, l'Universo diventerà completamente statico, in gergo è detto piatto;

3) Se $\Omega < 1$ la densità reale è minore di quella critica; l'Universo, pur rallentando il ritmo dell'espansione, non si ferma e continuerà a espandersi per sempre.

Determinare il valore esatto della densità di materia è una delle imprese più difficili dell'astronomia moderna.

Attualmente si pensa (ma senza prove troppo convincenti) che il parametro omega sia prossimo all'unità. Se questo fosse vero, l'Universo vivrebbe per sempre e andrebbe incontro a una lenta e inesorabile agonia. Le stelle lentamente finiranno il loro combustibile e si spegneranno. Dopo decine di miliardi di anni sarà un posto buio, privo di strutture organizzate e di qualsiasi forma di vita.

Un destino alternativo (e non proprio piacevole)

La costante di Hubble ci fornisce il tasso di espansione dell'Universo. Se il suo valore resta davvero costante, come suggerisce la parola, allora significa che l'Universo, a partire dal "calcio" iniziale identificato con il Big Bang, non è stato sottoposto ad alcuna forza netta (tranne, in piccola parte, la gravità), tale da variare sensibilmente il suo tasso di espansione.

Ricordate infatti che un corpo varia il proprio stato di moto solamente se sottoposto a una forza netta; in caso contrario continuerà a muoversi di moto rettilineo uniforme. Nell'Universo succede la stessa cosa: senza forze nette (e molto intense) l'espansione procede a un ritmo costante. Il ruolo della forza di gravità nel rallentarne l'espansione non sembra ancora chiaro, perché il tempo trascorso è troppo breve per misurarne accuratamente gli effetti.

La determinazione esatta della costante di Hubble in funzione delle ere cosmologiche è fondamentale nel capire come varia l'espansione dell'Universo nel corso del tempo e di conseguenza stimare l'intensità delle forze in grado di cambiare questo stato di moto rettilineo e uniforme (e tra l'altro, capire quanta materia c'è nell'Universo).

A prescindere dalla quantità di materia presente, se consideriamo che solamente la forza di gravità sia la regolatrice della struttura attuale dell'Universo, dovremmo assistere a un lento (o lentissimo) rallentamento dell'espansione, soprattutto in ere cosmologiche recenti.

Sovvertendo ogni aspettativa, le ultime osservazioni ci danno indizi che l'Universo non solo non sta rallentando, ma sta invece accelerando la sua espansione, proprio in ere cosmologiche

recenti!

In parole ancora più chiare: l'espansione procede a ritmi maggiori ora rispetto a qualche miliardo di anni fa.

Come si è fatto a scoprire questo importantissimo fatto? Riuscite a capire, almeno concettualmente, quale tecnica potrebbe essere stata utilizzata?

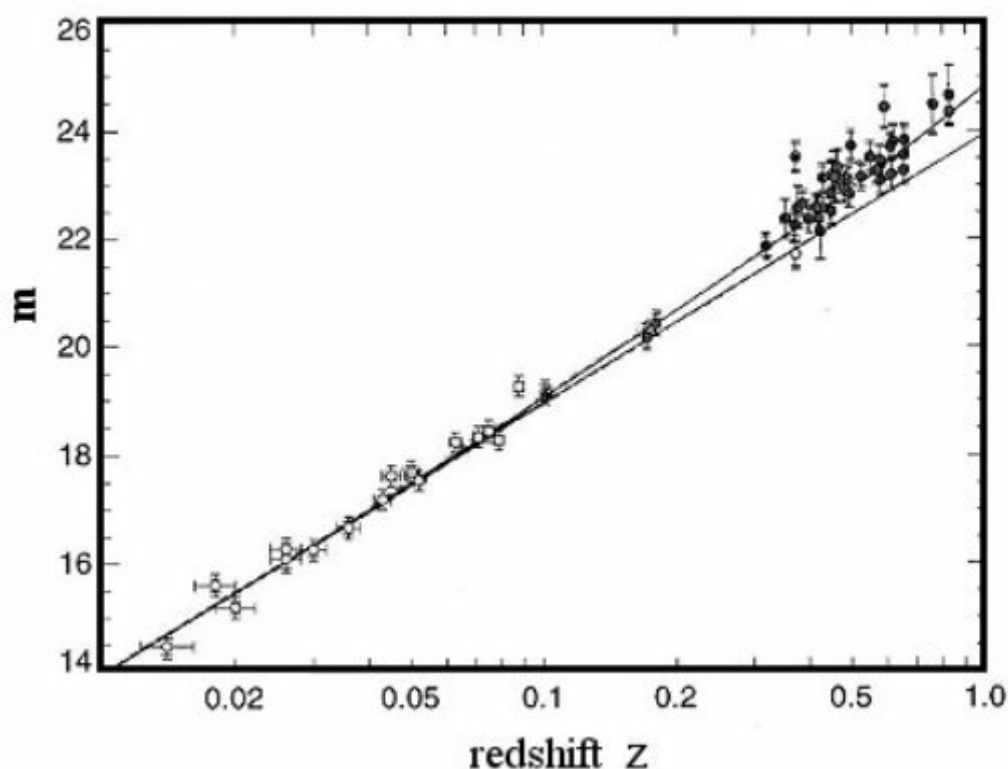
In linea di principio è semplice: attraverso la legge di Hubblepossiamo stimare la distanza di tutte le galassie osservabili, dopo aver determinato la costante H_0. Se il suo valore è costante nel tempo, essa non varia e le distanze trovate sono corrette per ogni era cosmologica. Se invece H_0 varia con il tempo, il valore calcolato attraverso l'osservazione di galassie lontanissime dovrebbe differire da quello di galassie a noi più vicine. Se usiamo il primo valore per calcolare le distanze di parti di Universo più vicine nel tempo, otteniamo distanze che non corrispondono alla realtà.

A questo punto arriva la difficoltà: se non abbiamo un altro metodo indipendente per stimare le distanze intergalattiche, come possiamo capire se le distanze fornite dalla legge di Hubble sono corrette o meno?

Negli ultimi decenni, grazie all'imponente sviluppo tecnologico, abbiamo a disposizione finalmente un metodo molto potente per misurare le distanze delle galassie, anche remote, basato sull'osservazione delle supernovae.

Tra le diverse classi di supernovae dell'Universo, almeno una, denominata Ia, ha luminosità assoluta fissata. Questo è un vantaggio straordinario, perché conoscendo la luminosità apparente, che possiamo misurare senza problemi, siamo subito in grado di stimare la distanza precisa della stella esplosa, quindi della galassia ospite.

Bene, numerose osservazioni di supernovae in diverse ere cosmologiche hanno permesso di scoprire che la distanza calcolata attraverso la loro curva di luce caratteristica è maggiore di quella ricavata dalla legge di Hubble di un 10-15% per gli eventi a noi più vicini, mentre concorda perfettamente per altre porzioni temporali dell'Universo (figura a lato).

L'accelerazione dell'espansione dell'Universo sembra quindi un fatto confermato da solide basi e che di certo non possiamo ignorare.

Nessun modello di Universo finora visto prevede un'accelerazione nel tempo, evidenziata bene dalla progressiva ed evidente discordanza tra le distanze stimate con la legge di Hubble e attraverso la curva di luce delle supernovae. Occorre trovare nuove spiegazioni a questo fatto sperimentale.

Questo dato imprevisto ci fa giungere all'ennesimo paradosso: come è possibile spiegare un'accelerazione dell'espansione solamente considerando la forza di gravità che è sempre attrattiva? In effetti non si può spiegare.

Se l’Universo si espande con un ritmo crescente, deve esistere una forza di tipo repulsivo addirittura maggiore della forza di gravità prodotta dalla massa contenuta. Questa è l’unica via d’uscita.

Ci serve qualche altra forza che non abbiamo considerato fino a ora, qualcosa di esotico e dannatamente potente, con un’intensità maggiore quanto maggiori sono le dimensioni dell’Universo, visto che il suo contributo all’espansione dell’Universo aumenta mano a mano che aumentano le sue dimensioni.

L’uscita da questa fase di stallo viene ancora una volta dal genio di Einstein, attraverso la reintroduzione della costante cosmologica. Un piccolissimo excursus storico a questo punto è d’obbligo per comprendere meglio il tutto.

Al tempo di Einstein non si conosceva ancora l’espansione dell’Universo.

Egli era convinto che si estendesse molto oltre i confini della nostra Galassia (non si conosceva neanche la natura delle numerose nebulae!), che fosse finito ma illimitato, analogamente alla superficie di una sfera, e che fosse in uno stato completamente statico (stato stazionario).

Possiamo comprendere l’idea di Einstein considerando proprio un Universo a forma di sfera un po’ particolare, che coinvolge le tre dimensioni spaziali e quella temporale (ipersfera); tutti i corpi si trovano sulla superficie di questa ipersfera, analogamente agli esseri umani sulla Terra. Il volume è finito, ma la sua estensione è illimitata: potremmo camminare in eterno sulla superficie della Terra senza incontrare un confine, ripercorrendo sempre lo stesso giro. Stessa considerazione per l’Universo.

Secondo questa idea statica eretta a principio, il grande genio tedesco costruì un modello fisico-matematico che potesse giustificare un Universo di questo tipo.

Egli era ben cosciente che un tale Universo, modellato unicamente dalla forza di gravità (l'unica che si conosceva con certezza), sarebbe collassato su se stesso violando il principio di staticità, quindi introdusse nella trattazione un termine, chiamato costante cosmologica (Λ), come contributo di una certa forza repulsiva (sconosciuta) che agendo su grande scala era in grado di bilanciare perfettamente la contrazione prodotta dalla forza di gravità e mantenere l'Universo statico in eternità.

Il modello matematicamente era pronto e funzionante, ma fisicamente doveva ancora essere messo alla prova, perché non vi erano indizi che giustificassero un Universo realmente statico.

Con la scoperta del moto di recessione delle galassie da parte di Hubble, cadde completamente l'idea di Einstein di un Universo di questo tipo. Il suo modello, matematicamente ineccepibile, non era fisicamente corretto perché si basava su un principio errato.

Egli stesso ritrattò tutto ed etichettò l'introduzione della costante cosmologica come l'errore più grande della propria vita (una grande lezione di umiltà, pochissimi l'avrebbero fatto, continuando piuttosto a cercare prove a sostegno della loro teoria).

Il modello di Universo di Einstein era sbagliato (almeno secondo i dati attuali), ma non è detto che la grandezza da lui creata e soprannominata costante cosmologica sia totalmente priva di fondamento. Proprio negli anni recenti è tornata alla ribalta per caratterizzare la misteriosa forza che sembra accelerare l'espansione.

Non si sa bene cosa sia in realtà la costante cosmologica; alcuni la chiamano energia oscura, una massa-energia che dovrebbe costituire il 70% dell'energia totale dell'Universo, che esercita una forza repulsiva contraria a quella della materia comune, rilegata solamente a un misero 30% (a sua volta questo 30% è suddiviso in materia visibile, circa il 10%, e materia oscura, circa il 90%, di cui parleremo in un prossimo volume).

Si può immaginare l'energia oscura (da non confondere con la materia oscura!) come un qualcosa legato all'esistenza stessa del tessuto spazio-temporale dell'intero Universo, un'energia, quindi una massa, che è presente in quanto esiste lo spazio e il tempo.

Attraverso questa assunzione è relativamente facile pensare che il suo contributo come fonte di "antigravità" cresca quanto maggiore è lo spazio stesso.

In altre parole, il contributo dell'energia oscura cresce mano a mano che l'Universo si espande, generando un'accelerazione.

Nei primi miliardi di anni di vita dell'Universo, il contributo della materia ordinaria, generatrice della forza di gravità come noi la conosciamo, era dominante e ha rallentato leggermente l'espansione.

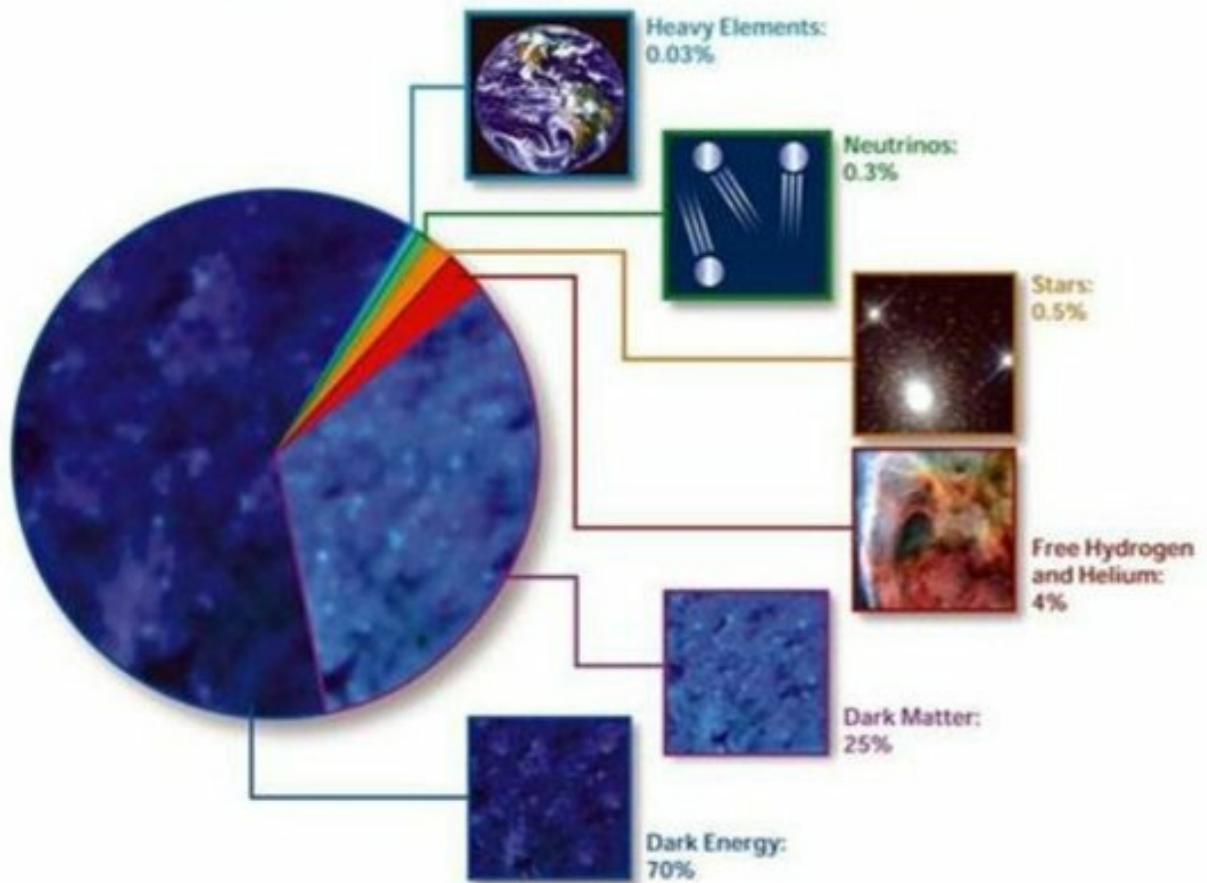
Successivamente, si stima circa 5-7 miliardi di anni fa, il contributo antigravitazionale dell'energia oscura ha cominciato a rendersi predominante e ha invertito l'accelerazione dell'Universo, dandole un valore positivo.

L'energia oscura, sebbene non si sa cosa sia e come parametrizzarla con grandezze fisiche, è qualcosa alla cui base ci sono solide osservazioni sperimentali. Si può quindi commettere l'errore di definirla nel modo sbagliato o con grandezze e teorie non completamente coerenti tra loro, ma il suo effetto è reale e

misurabile.

Nell'Universo la densità di questa energia oscura è estremamente bassa, dell'ordine di 10^{-29} g/cm^3 ma permea tutto lo spazio; anzi, come già accennato, essa può essere pensata come l'energia associata allo spazio stesso, il prezzo da pagare, in termini energetici, per avere il tessuto spazio-temporale nel quale si sviluppano corpi e fenomeni dell'Universo. Questa idea non è poi così esotica dal punto di vista logico: per far muovere le automobili servono strade, che richiedono una buona dose di energia (e denaro) per essere costruite. Analogamente per l'Universo: il tessuto sul quale si sviluppano gli oggetti ha bisogno di energia per essere creato e mantenuto. Si potrebbe dire che nell'Universo, proprio come nella dura realtà terrestre, nulla è gratis!

A livello infinitamente piccolo, l'energia dello spazio, detta più propriamente energia del vuoto, è un fenomeno spiegabile con le moderne teorie di meccanica quantistica, che noi non analizzeremo a fondo perché estremamente complesse.

Per cercare di comprendere meglio questo delicato passaggio, bisogna fare di nuovo un salto nel mondo subatomico e parlare brevemente di una legge fisica chiamata principio di indeterminazione.

Stima dell'attuale composizione energetica dell'Universo. La materia osservabile è solo una piccola frazione dell'energia effettivamente presente. Ben il 70% è rappresentato dall'energia oscura.

Il principio di indeterminazione di Heisenberg e la produzione di particelle virtuali

Apriamo una piccola parentesi riguardante una delle più bizzarre proprietà dell'infinitamente piccolo parlando del principio di indeterminazione di Heisenberg.

Nella prima metà del ventesimo secolo (1927) il fisico Werner Heisenberg formulò il famoso principio di indeterminazione applicato al mondo delle particelle atomiche e subatomiche.

Negli anni successivi questo principio venne chiarito e modificato e attualmente è un teorema dimostrabile con i postulati della meccanica quantistica.

Il principio di indeterminazione afferma che è impossibile conoscere simultaneamente, con una precisione arbitraria, una coppia di grandezze legate, le più importanti delle quali sono posizione e quantità di moto, ovvero la velocità, di qualsiasi particella.

Nella forma matematica, il principio di indeterminazione afferma che: $\Delta x \Delta p \geq h/4\pi$, dove Δx è l'errore sulla posizione, Δp quello sulla quantità di moto ($p = mv$) e h è detta costante di Planck $h = 6{,}6260689633 \cdot 10^{-34}$Js (Joule per secondi, già vista nei capitoli iniziali).

Dalla relazione risulta che è impossibile determinare simultaneamente la posizione e la velocità di una particella con una precisione migliore di $h/4\pi$.

Il principio è valido anche per la coppia energia-intervallo di tempo, tanto che si ha una relazione simile: $\Delta E \Delta t \geq h/2\pi$ è $\Delta E \geq h/(2\pi\Delta t)$.

In questo caso è impossibile determinare con una precisione illimitata sia l'energia che la coordinata temporale della

particella. In particolare, non è possibile conoscere l'energia di una particella con una precisione migliore di $h/(2\pi\Delta t)$. Minore è l'intervallo di tempo della misurazione, maggiore è incertezza sull'energia della particella.

Mano a mano che l'intervallo di tempo della misurazione si allunga, l'energia "si stabilizza" e l'errore commesso diventa sempre più piccolo.

Questo punto è fondamentale per comprendere l'energia del vuoto.

Attraverso la relazione possiamo ricavare l'intervallo di tempo Δt per il quale l'incertezza nella conoscenza dell'energia del vuoto raggiunge lo stesso valore di un protone e il suo anti-protone: $\Delta t = h/(2\pi\ \Delta E) = h/(4\pi\ m_p c^2)$ è $\Delta t \approx 10^{-25}$s .

In questo intervallo di tempo l'incertezza nella conoscenza dell'energia del vuoto è così grande che è ammissibile addirittura la creazione di una particella e della relativa antiparticella.

Il vuoto ha dunque un'energia diversa da zero.

Facciamo un bel respiro e cerchiamo di ragionare per fare almeno un po' di luce su tutto questo.

Una prima conferma a quanto detto, seppure indiretta, deriva da una semplice osservazione logica: un'energia nulla, alla luce delle attuali conoscenze di meccanica quantistica del mondo subatomico, violerebbe il principio di indeterminazione di Heisenberg stesso, alla base della spiegazione dei fenomeni a livello subatomico.

Il principio di indeterminazione, al pari della dilatazione dei tempi descritta dalla relatività di Einstein, non è qualcosa che riguarda il nostro modo di misurare l'Universo, piuttosto una caratteristica insita nell'Universo stesso.

Nel nostro caso cosmologico questa energia del vuoto (o

energia oscura) è identificata con la famosa costante cosmologica di Einstein; queste due quantità sono fisicamente equivalenti.

Prove dell'energia del vuoto sono state ampliamente accertate attraverso vari esperimenti, tra cui l'effetto Casimir e la stessa teoria quantistica dei campi, che prevede lo scambio di particelle di campo come mediatori delle 4 interazioni fondamentali.

Il principio di indeterminazione ammette che ci siano delle fluttuazioni diverse da zero nell'energia del vuoto attraverso la continua produzione di particelle che esistono per tempi brevissimi senza violare il principio di conservazione dell'energia. Le particelle sono sempre prodotte a coppie e sono dette virtuali. Questa parola racchiude una strana proprietà fisica: il principio di indeterminazione che rende possibile la loro esistenza rende anche impossibile la loro rilevazione, con qualsiasi mezzo.

Sembra tutto molto difficile da comprendere e da credere, ma le osservazioni e le misurazioni dell'infinitamente piccolo dicono questo.

L’energia del vuoto produce antigravità

Abbiamo dimostrato quindi che il vuoto ha energia diversa da zero, dovuta all’esistenza stessa dello spazio e del tempo. Se questa vi sembra la cosa bizzarra, non so cosa penserete tra qualche istante.

Il fatto sorprendente non è infatti l’energia del vuoto, piuttosto che l’energia del vuoto produce una forza di gravità negativa!

In linguaggio cosmologico si è soliti dire che la pressione è negativa.

Pressione e forza sono sostanzialmente due modi leggermente diversi di esprimere lo stesso concetto, poiché la pressione è una forza divisa per una superficie (forza per unità di superficie). Parlare di pressione o forza è quindi equivalente a meno di una generica superficie.

Proviamo ora insieme a capire come sia possibile che l’energia del vuoto produca una pressione negativa responsabile dell’accelerazione dell’espansione dell’Universo.

Questo concetto non è impossibile da comprendere se teniamo presente che l’energia del vuoto aumenta con l’aumentare dello spazio.

Dopo questa doverosa condizione, possiamo vedere il tutto sotto un punto di vista classico e assolutamente più familiare, attraverso l’utilizzo delle leggi della termodinamica.

Consideriamo un contenitore, un classico cilindro nel quale all’interno c’è il vuoto (questo è chiaramente un esperimento ideale!). Supponiamo di variare il volume di una quantità infinitesima e positiva dV .

La termodinamica ci dice che il lavoro fatto per variare

questo volume è negativo: $dW = -PdV$ dove $P =$ pressione. La massa contenuta nel contenitore, che è equivalente all'energia (equivalenza massa-energia) si può scrivere genericamente come il prodotto della densità per il volume: $E = \rho V$.

È questo il punto chiave. In un qualsiasi contenitore isolato contenente un gas, l'energia si conserva (conservazione della massa-energia); nel vuoto, invece, questa aumenta, perché direttamente legata all'aumento di volume. Se vario il volume di una quantità infinitesima, ho un aumento dell'energia del vuoto, dato da: $dE = \rho dV$. Questo aumento di energia, per il principio di conservazione, sarà uguale al lavoro eseguito per aumentare il volume, che è negativo: $dE = dW$ è $\rho dV = -PdV$, quindi, risultato importantissimo: $P = -\rho$. Questa semplice relazione ci dice che la pressione che si crea nel contenitore è negativa.

Una pressione negativa produce una forza negativa: $P = F/S$ è $F = PS < 0$; la forza in questo caso agisce in verso contrario a quello della gravità, una specie di anti-gravità che contrasta quella della materia (visibile + oscura).

La costante cosmologia è esattamente uguale alla densità di energia del vuoto, ed è stimata, per riprodurre perfettamente le osservazioni di cui finora disponiamo, attorno a $\rho = \Lambda \approx 10^{-29} g/cm^3$.

Questo valore, che ben riproduce i dati cosmologici, non si adatta però al mondo dell'infinitamente piccolo e per questo ci sono ancora seri problemi nell'avere una teoria soddisfacente.

Quello che sembra chiaro è che Einstein, ancora una volta, aveva ragione: la sua costante cosmologica, il termine di antigravità, sembra esistere davvero. Non si conosce con esattezza come essa funzioni e quale sia il suo valore, ma nell'Universo (per quanto suggeriscono i dati in nostro possesso fino a ora)

agisce una forza contraria alla gravità in grado non solo di annullare gli effetti della massa, ma di accelerare addirittura l'espansione stessa.

Come già accennato, poiché l'energia del vuoto aumenta all'aumentare del volume, aumenta in questo caso anche il tasso di espansione. In altre parole, l'Universo si espande in modo sempre più accelerato mano a mano che crescono le sue dimensioni.

Il Big Rip

Non esiste apparentemente nulla che possa fermare questo processo, tanto che si pensa che il destino ultimo dell'Universo possa essere il cosiddetto Big Rip, letteralmente il grande squarcio. L'espansione sarebbe così veloce e violenta da frantumare gli ammassi di galassie e le galassie stesse, distruggendo tutti gli aggregati di materia che ora possiamo osservare.

A prescindere dai problemi legati al valore della costante cosmologica (a livello quantistico essa sembra essere ben 123 ordini di grandezza maggiore rispetto a quella su scala cosmologica!) se i dati confermeranno l'espansione accelerata dell'Universo, saremmo di fronte a un destino piuttosto chiaro.

Cosa succederà in questo scenario?

Visto che non esiste un limite alla velocità di espansione, i confini dell'Universo osservabile invece di allargarsi si restringeranno con il tempo. La velocità di recessione delle galassie osservate da un qualsiasi punto può superare senza alcun problema la velocità della luce. Naturalmente però, quando questo limite verrà raggiunto e a noi dovrebbe arrivare l'informazione su questa velocità superluminale, non saremo più in grado di vedere la luce proveniente dall'oggetto stesso; in termini fisici si dice che il redshift è infinito.

Poiché l'espansione accelera, la velocità di recessione è destinata ad aumentare con il tempo e a superare quella della luce per distanze sempre minori dal nostro punto di osservazione: il nostro orizzonte, identificato con gli oggetti che possiamo osservare, si restringerà inesorabilmente sempre di più.

Presto la crescente espansione causerà la graduale ma

inesorabile disgregazione di tutte le strutture di materia attualmente esistenti.

Prima saranno gli ammassi di galassie a farne le spese. Le velocità di recessione relative diventeranno maggiori di quelle che la forza di gravità può sopportare (maggiori quindi della velocità di fuga): le singole componenti si disperderanno e l'ammasso di galassie cesserà di esistere come oggetto gravitazionalmente legato.

Successivamente, aumentando ancora il tasso di espansione si raggiungerà una velocità tale da disgregare le singole galassie; stelle e gas verranno dispersi nello spazio.

È plausibile che 60 milioni di anni prima dell'evento finale, il Big Rip, la nostra Via Lattea venga smembrata. L'orizzonte accessibile sarà ridotto a circa 70 milioni di parsec, circa 300 milioni di anni luce.

Il destino dell'Universo è ormai segnato.

Pochi mesi prima dell'evento finale, anche la Terra e l'intero sistema solare (già duramente provati, se non distrutti, dalla fine del Sole) verranno disgregati e destinati a vagare nello spazio, ma per un tempo davvero piccolo, poiché circa mezz'ora prima del Big Rip anche la Terra e tutti i pianeti dell'Universo verranno disgregati dall'espansione violentissima dello spazio.

È solo questione di tempo (molto poco) prima che l'espansione raggiunga livelli così elevati da distruggere anche atomi e molecole legate dall'interazione elettromagnetica, circa 10^{-19} secondi prima della fine. Successivamente anche l'interazione forte verrà abbattuta: i nuclei atomici si spaccheranno, così come i nucleoni stessi e tutte le particelle composite.

Siamo arrivati alla fine, al Big Rip: l'Universo è un luogo

completamente buio e morto, composto, forse, solamente da particelle elementari (quark, elettroni), che a causa dell'espansione dello spazio a velocità maggiori della luce già per raggi superiori a 10^{-15}m non si possono vedere, ergo non possono in alcun modo interagire, poiché l'orizzonte visibile si è ridotto praticamente a zero.

Siamo in un caso di singolarità. Alcune o tutte grandezze fisiche hanno valori nulli o infiniti: non si può più descrivere lo spazio-tempo con queste leggi, l'Universo è un luogo completamente sconosciuto.

Se i dati attuali sono corretti, si è calcolato che tra circa 20 miliardi di anni ci saranno le condizioni per questo evento finale, che dovrebbe porre fine all'Universo come noi lo conosciamo.

In realtà questa è solamente una teoria, forse la migliore attualmente in grado di spiegare e interpretare tutti i dati in nostro possesso, ma non certo l'unica.

Domande e risposte

Questo spazio, all'interno della sezione di astronomia teorica, è rivolto a tutti coloro che trovano irresistibili i grandi temi dell'astronomia, ma allo stesso tempo credono che siano al di fuori della loro portata.

Non è così, e spero di dimostrarvelo rispondendo, di volta in volta, a un paio di domande semplici. Non lasciatevi ingannare da questo aggettivo: nell'Universo a domande facili corrispondono spesso risposte articolate e davvero sorprendenti.

Queste domande sono estratte dal mio libro "125 domande e curiosità sull'astronomia", quindi se siete troppo curiosi dategli un'occhiata.

Qual è la galassia più lontana mai osservata?

Come verrà spiegato meglio nella prossima sezione riguardante la cosmologia, l’Universo ha un’età finita, attualmente stimata in 13,7 miliardi di anni. Di conseguenza, non possiamo vedere oltre una distanza superiore a 13,7 miliardi di anni luce, semplicemente perché la radiazione elettromagnetica emessa dagli oggetti non ha ancora avuto il tempo di coprire l’enorme distanza e raggiungere i nostri strumenti.

Con la costruzione di telescopi sempre più grandi, accoppiati a camere di ripresa estremamente sensibili, il limite per di visibilità di oggetti lontani non è più unicamente tecnologico, ma determinato proprio dall’età dell’Universo.

Alcune galassie risultano abbastanza brillanti per i nostri strumenti da risultare visibili fino ai confini dell’Universo accessibile. La sfida, semmai, si sposta quindi sull’individuare, nell’enorme vastità del cielo, quale sia la galassia che si guadagna la palma di oggetto più distante mai osservato.

Attualmente la galassia più lontana mai scoperta si trova a 13,2 miliardi di anni luce e si è quindi formata presumibilmente solamente 500 milioni di anni dopo la nascita dell’Universo., Denominata MACS1149-JD è stata individuata nel Settembre 2012 grazie all’effetto di lente gravitazionale prodotto da un ammasso di galassie decisamente più vicino, la cui forza di gravità ha amplificato la debolissima immagine della galassia di fondo.

Molti modelli di evoluzione dell’Universo primordiale collocano proprio a circa 500 milioni di anni la formazione delle prime galassie, dopo alcune fasi piuttosto turbolente e ancora non ben conosciute.

L’indistinta figura della galassia MACS1149-JD, potrebbe quindi rappresentare veramente la prima isola di stelle della storia dell’Universo.

Cos'è la materia oscura?

La risposta non scientifica, ma che può rendere bene l'idea, è sicuramente questa: qualcosa che fa perdere il sonno a molti astronomi che cercando di comprenderla.

La materia oscura, infatti, è tra le proprietà più sfuggenti e sconosciute dell'Universo, un puzzle che tiene impegnati gli scienziati da diversi decenni.

Poco dopo l'identificazione di altre galassie nell'Universo, avvenuta da parte dell'astronomo americano Edwin Hubble (un nome che continueremo a sentire nelle prossime pagine) negli anni venti del 900, gli astronomi si accorsero che c'era qualcosa di strano in quello che stavano osservando.

Misurando la velocità di rotazione delle stelle attorno al centro delle rispettive galassie prima, e rilevando il veloce movimento delle galassie all'interno degli ammassi di galassie poi, gli astronomi capirono che la materia visibile, quella che fa brillare la galassia (stelle, ammassi stellari, nebulose) rappresenta al massimo il 10% della materia totale effettivamente presente.

Il 90% della materia, però, non si riesce a osservare in alcun modo perché non emette alcuna luce. Brancolando nel buio più assoluto circa la sua composizione, venne unanimemente definita materia oscura, e direi che mai nome fu più appropriato per definire le conoscenze su questa inaspettata proprietà dell'Universo.

Ma come hanno fatto a teorizzare l'esistenza di un tipo di materia che non si vede affatto? Attraverso delle misurazioni indirette. Qualsiasi oggetto dotato di massa produce nello spazio forza di gravità. Non possiamo vedere direttamente la materia oscura, ma possiamo rilevare la sua presenza attraverso la forza di

gravità esercitata sulla materia visibile.

L'effetto più evidente e facile da verificare, riguarda la velocità di rotazione del gas e delle stelle attorno al centro e delle stesse galassie attorno al centro dell'ammasso al quale appartengono.

La velocità di rotazione dipende infatti criticamente dalla forza di gravità, quindi dalla quantità di materia totale presente.

Gli astronomi hanno scoperto che le stelle di tutte le galassie ruotano attorno al centro molto più velocemente di quanto avrebbero dovuto farlo se fosse stata presente solamente la materia che riusciamo a osservare direttamente.

La situazione è ancora più imbarazzante con le galassie negli ammassi: se si suppone che la materia visibile sia l'unico componente, non esisterebbe alcun ammasso di galassie nell'Universo, perché le velocità orbitali sarebbero 10 volte più elevate di quelle di orbite stabili, facendo disperdere tutti gli ammassi di galassie in pochi miliardi di anni.

L'esistenza della materia oscura, quindi, è assolutamente necessaria per spiegare il comportamento dinamico delle stelle e delle galassie. Senza di essa diventa impossibile spiegare addirittura l'esistenza delle galassie stesse, sottoposte a velocità di rotazione molto superiori a quelle che la struttura fatta di materia visibile potrebbe sopportare.

La materia oscura, quindi, deve esserci per forza per creare le immense forze gravitazionali richieste. Il problema, però, è che nessuno ha la minima idea di cosa sia composta.

Alcuni astronomi parlano di neutrini, o di particelle che ancora non conosciamo; altri di oggetti scuri come buchi neri, stelle spente, pianeti vaganti. La realtà è che tutte le ipotesi possono essere giuste e sbagliate in egual misura. La materia

oscura si trascinerà con se un grande alone di mistero, probabilmente, ancora per diversi anni.

Astronautica

Questa sezione è estratta dal libro: "Conoscere, capire, esplorare il Sistema Solare".

Siamo arrivati allo spazio dedicato agli amanti dell'esplorazione dello spazio.

L’astronautica, con le sue sfide tecnologiche, i pericoli, i grandi e spettacolari risultati scientifici, è una disciplina che non può non interessare, al di là della passione per l’astronomia.

Grazie all’esplorazione del nostro Sistema Solare abbiamo imparato moltissime nozioni, anche per quanto riguarda il funzionamento e le proprietà del nostro delicato e prezioso pianeta, senza contare il salto tecnologico enorme compiuto grazie a dei sognatori che di fronte a difficoltà, spesso enormi, non si sono arresti e hanno sempre cercato di raggiungere le stelle.

L’esplorazione di Giove

A causa delle distanze esponenzialmente crescenti, da Giove in poi la storia delle esplorazioni spaziali cambia radicalmente.

Se un viaggio interplanetario per immettersi nell’orbita di Venere e magari atterrare sulla superficie ha una durata di 4 mesi, mentre per raggiungere Marte ne sono richiesti 6, per Giove servono anni.

Se è vero che con un percorso diretto è possibile colmare la distanza in poco meno di due anni (Voyager 1 ha impiegato 22 mesi), per inserirsi nell’orbita servono manovre particolari che richiederebbero una gran quantità di carburante.

Per ovviare a ciò si preferisce non fare una traiettoria diretta che richiederebbe per frenare la stessa quantità di carburante necessaria per accelerare.

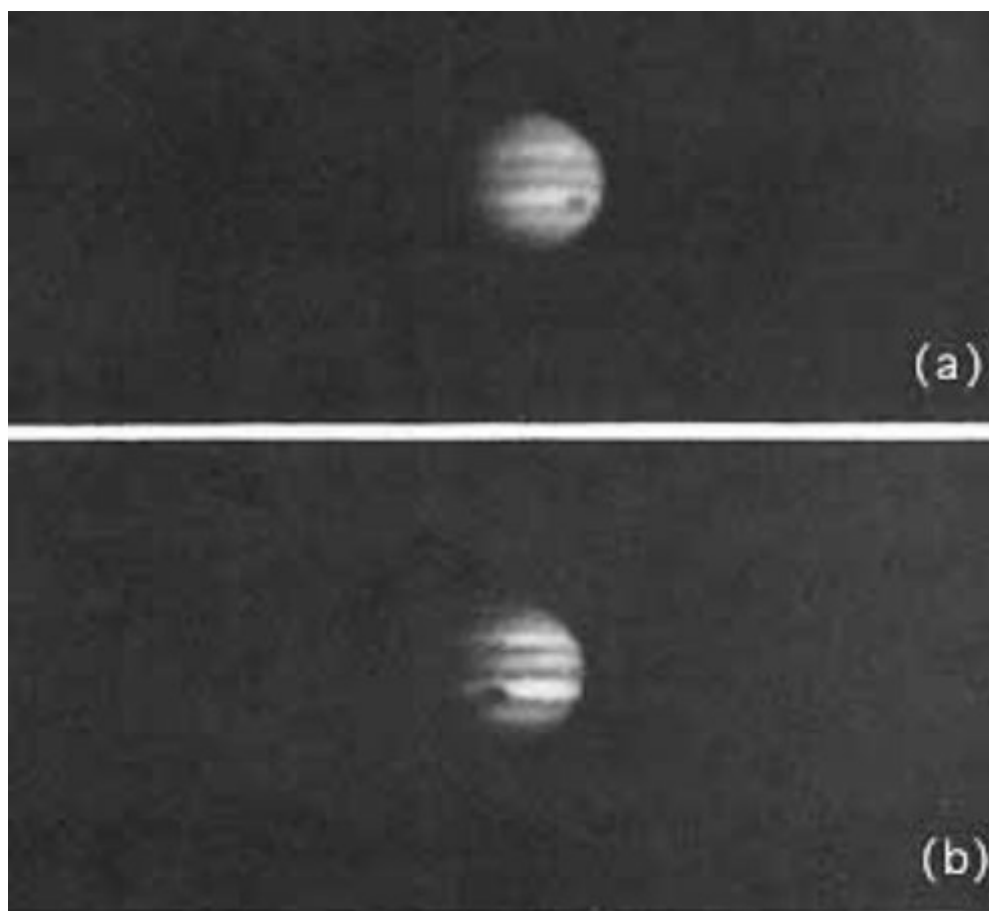
L’incontro con altri pianeti (fly-by) è un metodo ingegnoso e allo stesso tempo estremamente efficiente per modificare direzione e intensità della velocità utilizzando una quantità minima di carburante per raggiungere l’obiettivo.

L’unico svantaggio di questa tecnica è quello di allungare sensibilmente il percorso, quindi anche i tempi, nonché la difficoltà nel dover prevedere un piano di volo estremamente preciso.

Proprio queste difficoltà, simili a quelle incontrate per Mercurio, hanno frenato l’esplorazione di Giove e a maggior ragione dei pianeti esterni.

Solamente gli americani si sono avventurati così lontano dalla nostra azzurra dimora; i russi stranamente sembra non ci abbiano

mai provato.

Le prime immagini provenienti da Giove arrivarono già nel 1973, trasmesse dalla sonda Pioneer 10.

Le prime immagini di Giove riprese da Pioneer 10 circa un giorno prima del massimo avvicinamento avvenuto il 3 dicembre 1973.

La prima immagine a colori nelle vicinanze di Giove, ripresa sempre da Pioneer 10 il 3 dicembre 1973.

Tredici mesi più tardi arrivò anche Pioneer 11.

Nessuna delle due sonde si mise in orbita attorno al pianeta, limitandosi a un fugace incontro prima di andare alla deriva verso la periferia del Sistema Solare.

Pioneer 10 non fu solo la prima a raggiungere Giove, ma anche a superare indenne la fascia principale degli asteroidi, dimostrando, contro le previsioni di molti scienziati del tempo, che la densità non è così elevata come si era portati a credere.

Con la scoperta che queste colonne d'Ercole astronomiche non causavano pericoli alle astronavi, la NASA decise di fare sul serio.

Il successo più grande e spettacolare arrivò sul finire degli anni 70 con l'avvicinamento delle sonde gemelle Voyager.

Entrambe ebbero un incontro con il gigante gassoso nel 1979,

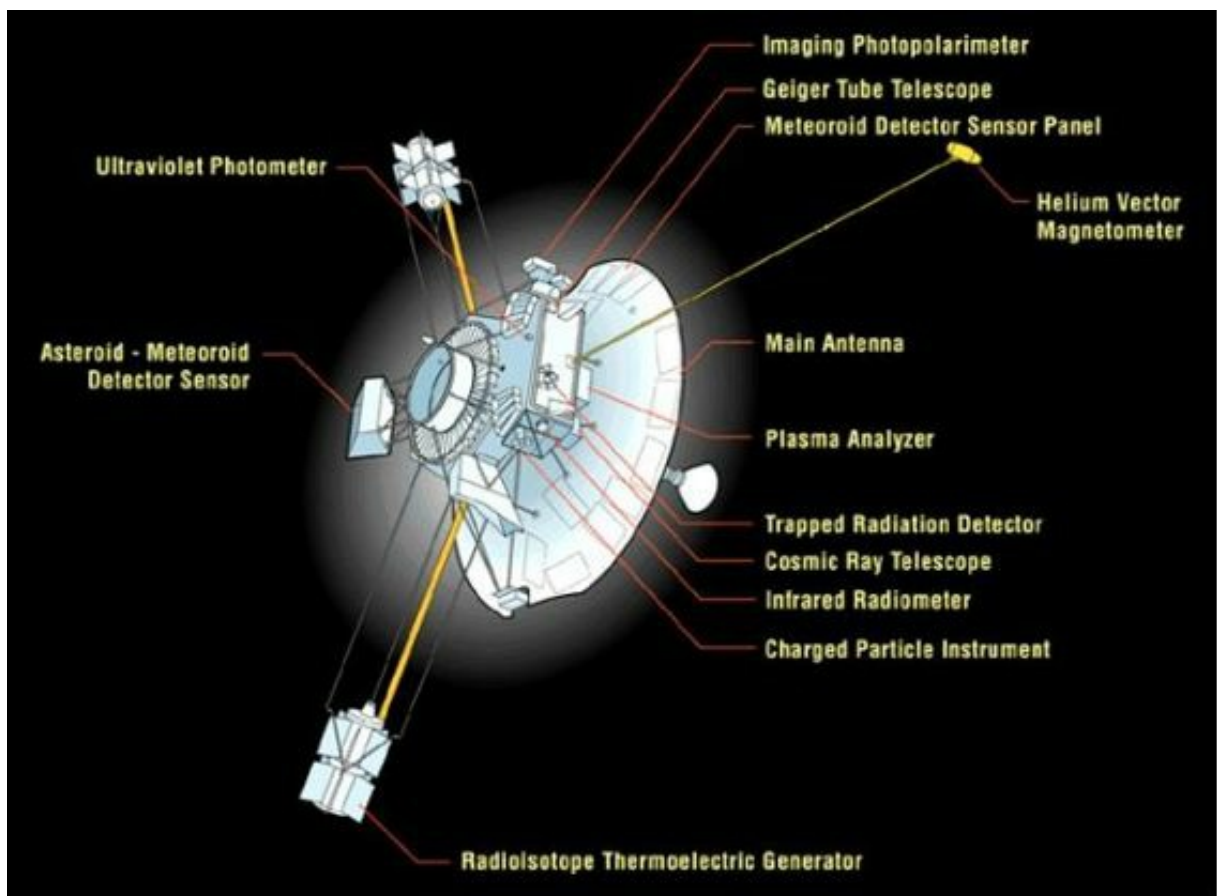
dal quale sfruttarono la grande forza di gravità per prendere la spinta verso l'obiettivo successivo: Saturno.

Dopo aver visitato Giove e Saturno, Voyager 1 ha proseguito il suo viaggio e ancora oggi, trascorsi ben 34 anni dalla partenza, ha abbastanza energia per comunicare con la Terra alla distanza di quasi 20 miliardi di chilometri.

Voyager 1 è attualmente la sonda più lontana mai lanciata dall'uomo, ormai prossima ai confini del Sistema Solare e alle porte dello spazio interstellare.

A causa della velocità della luce finita le comunicazioni avvengono con circa 13 ore di ritardo.

Anche Voyager 2 è ancora attiva e trasmette posizione e preziose informazioni delle regioni esterne del Sistema Solare.

Le due sonde hanno raccolto migliaia di immagini con una definizione mai vista fino a quel momento, aiutando a fare chiarezza su questi enormi pianeti e la folta schiera di satelliti che si portano appresso nel lungo viaggio attorno al Sole.

Struttura e strumentazione a bordo della Pioneer 10.

Per le missioni dirette verso il Sistema Solare esterno un problema tecnico di non poco conto riguarda il sistema di alimentazione energetica. Come fare per mantenere in vita tutta la strumentazione di bordo per anni interi, senza il prezioso aiuto del Sole?

Alla distanza di Giove la luce solare è circa il 4% di quella che raggiunge la Terra, rendendo i classici pannelli solari insufficienti per l'alimentazione di bordo.

L'alternativa più leggera e affidabile era rappresentata da piccoli generatori nucleari che utilizzavano il decadimento del Plutonio per produrre energia elettrica.

Tra i tecnici della NASA c'era però la preoccupazione che le deboli radiazioni potessero danneggiare la delicata strumentazione di bordo sul lungo periodo temporale. L'unico modo per dipanare la questione era provare.

Pioneer 10 fu la prima a utilizzare 4 generatori a radioisotopi posizionati su un braccio più lontano possibile dalla strumentazione e dall'antenna principale.

Le preoccupazioni dei tecnici della NASA si dimostrarono infondate: il sistema, oltre a non causare problemi, si rivelò efficiente e molto affidabile, tanto che fu utilizzato senza remore sulle successive missioni Voyager.

La prima e per ora unica sonda che ha orbitato nel complesso sistema gioviano è stata Galileo.

Rilasciata il 18 ottobre 1989 dalla stiva dello Space Shuttle, dopo un complesso piano di volo (fly-by con Venere e la Terra) ha raggiunto

l'orbita del gigante gassoso il 7 dicembre 1995, restandoci per ben 14 anni, fino al 21 settembre 2003, quando è stata fatta precipitare nell'atmosfera di Giove.

Nonostante problemi all'antenna principale che hanno costretto a rallentare la trasmissione dei dati, la sonda si è rivelata essere una fonte di inestimabile valore nel comprendere le dinamiche del pianeta e della complessa e numerosa famiglia di satelliti.

Fu proprio Galileo a fare luce sulle grandi eruzioni vulcaniche di Io riprese dalle Voyager anni prima, a osservare nel 1994 l'impatto della cometa Shoemaker-Levy 9 su Giove, e indagare da vicino le intricate trame di ghiaccio di Europa, sicuramente il satellite più interessante e misterioso della famiglia gioviana.

Una delle più dettagliate riprese ottenute dalla sonda Voyager 1 della grande macchia rossa di Giove.

Dopo la fine della missione, Giove è stato avvicinato dalla sonda Cassini diretta verso Saturno, dalla Ulysses, che lo aveva visitato già nel 1992, e dalla New Horizons, nel 2007.

Il 5 agosto 2011 la sonda americana Juno ha lasciato la Terra per dirigersi verso il gigante e inserirsi nella sua orbita: incontro previsto per il 2016.

Una delle caratteristiche più interessanti di questa sonda di ultima generazione è costituita dall'alimentazione a pannelli solari. La ricerca nel campo fotovoltaico degli ultimi anni ha migliorato notevolmente l'efficienza dei pannelli, che ora sono in grado di fornire energia sufficiente anche a distanze così elevate dal Sole.

La sonda Galileo viene liberata dalla stiva dello Shuttle Atlantis il 18 ottobre 1989.

Sebbene efficienza, leggerezza e compattezza dei generatori nucleari siano impareggiabili, l'agenzia spaziale americana deve trovare velocemente un modo alternativo per alimentare le future missioni verso il Sistema Solare esterno.

La produzione di plutonio, elemento essenziale di queste speciali batterie dalla vita lunghissima, è terminata da tempo da parte degli Stati Uniti e tutte le riserve derivanti dal materiale nucleare smantellato sono ormai esaurite.

La NASA ha già chiesto, senza esiti positivi, di ricominciare la produzione di questo elemento artificiale, ma si tratta di un processo lungo ed estremamente costoso che il governo naturalmente non ha intenzione di intraprendere di nuovo se non ci sono motivazioni belliche all'orizzonte.

Si stanno allora cercando nuove fonti di energia nucleare in sostituzione del plutonio, ma la strada verso il successo è ancora

lunga. A meno di non comprare il prezioso materiale fissile dai russi, antichi nemici di una guerra fredda dalla quale nacque proprio la grande produzione per le testate nucleari, si ha l'impressione che nessun'altra sonda americana sarà lanciata verso il Sistema Solare esterno almeno fino al 2020.

L'unico progetto attualmente in fase di discussione è una missione congiunta NASA-ESA per studiare il satellite Europa. Ma anche questo è un lontano miraggio previsto non prima del 2020, e dall'esito piuttosto incerto a causa degli elevati costi e degli scarsi finanziamenti da parte dei rispettivi governi.

Attualità

In questa sezione finale vengono proposte notizie e riflessioni sui temi più attuali, spaziando dall'esplorazione di Marte alle galassie più lontane dell'Universo. A decidere gli argomenti è l'enorme progresso scientifico cui va incontro una disciplina attiva come l'astronomia. Scoperte piccole e grandi si susseguono a ritmi frenetici, sebbene gli astronomi in tutto il mondo rappresentino una piccola comunità che a mala pena raggiunge le 20 mila unità. Ma mai come in questo caso la determinazione può superare tutte le difficoltà della disciplina più impegnativa che esista.

Ormai l'abbiamo capito: Marte è il pianeta al momento migliore per sperare di trovare tracce, presenti o passate, di forme di vita. Nei volumi precedenti ne abbiamo parlato in abbondanza, fino ad arrivare a teorizzare, e sperare, che forse qualche organismo batterico potrebbe ancora essere presente sulla sua polverosa superficie. Almeno questo è quello che al momento ci comunicano i dati raccolti dagli esperimenti delle sonde Viking effettuati negli anni '70.

Ammesso e non concesso che le sonde abbiamo scoperto davvero tracce di attività batterica e giusto perché godiamo nel complicarci la vita, possiamo analizzare anche un altro scenario che prevede l'esistenza di microrganismi nel suolo di Marte, che per certi versi potrebbe sembrare come minimo inquietante, ma perfettamente nelle corde della nostra civiltà.

La domanda è semplice: e se fossimo stati noi?

Se la rilevazione di microrganismi da parte del laboratorio delle sonde Viking avesse dato esito positivo perché quei minuscoli batteri erano già a bordo della sonda stessa, magari nascosti persino nel braccio robotico che ha prelevato i campioni di suolo?

Questa che sembra più una fantasiosa ipotesi è invece al momento una delle teorie più gettonate: una contaminazione planetaria da parte dell'uomo, che inavvertitamente ha introdotto organismi terrestri in un pianeta che era completamente sterile. Sarebbe di certo il primo caso della storia in cui la stupidità (perché di questo si tratta) di noi esseri terrestri abbia varcato i confini del pianeta e messo a repentaglio un ambiente che per miliardi di anni ha vissuto la sua storia in modo totalmente

indipendente.

Considerazioni “filosofiche” a parte, è possibile dal punto di vista prettamente fisico un’eventualità del genere? E, ammesso che fosse successo davvero, batteri terrestri possono sopravvivere al clima marziano e contaminare l’intero pianeta?

La risposta alla prima domanda è purtroppo positiva.

Benché tutte le sonde dirette sulla superficie del pianeta rosso siano state sterilizzate per ridurre al minimo i microscopici batteri, è certo che questi non siano stati eliminati del tutto. E d’altra parte appare molto più improbabile il contrario, considerando che la vita qui è presente ovunque: come sarebbe possibile eliminare qualsiasi traccia biologica in un manufatto pesante più di una tonnellata, grande come una macchina e contenente chilometri di cavi, decine di cavità nascoste e materiali porosi che possono ospitare benissimo minuscole colture di batteri?

Non è né pensabile, né possibile.

Però si potrebbe immaginare quello che un po’ tutti gli scienziati hanno fatto: un viaggio nello spazio aperto della durata di diversi mesi è la garanzia più forte che quell’astronave giungerà completamente sterilizzata sulla superficie marziana.

Le cose, però, non stanno proprio in questo modo. Il problema è che ce ne siamo accorti decenni dopo l’invio delle sonde verso Marte.

Numerosi esperimenti condotti a bordo delle stazioni spaziali sembrano confermare quello che sembrava un assurdo logico. Il più spettacolare fu eseguito tra il 2009 e il 2010 e diede risultati impressionanti: alcuni microbi della birra(!) sono sopravvissuti per oltre 500 giorni allo spazio aperto, in assenza di gravità e pressione, con enormi sbalzi di temperature (da +120°C a

-100°C), senza una goccia d'acqua. Come hanno fatto ancora non lo sappiamo, ma resta il fatto che ci siano riusciti.

Ci sono altri batteri che nello stato di spore possono sopravvivere per anni (forse milioni!) alle rigide condizioni dello spazio aperto, senza aver bisogno di ossigeno, acqua e lo schermo offerto dall'atmosfera terrestre.

La vita, insomma, almeno quella elementare, è molto più coriacea di quanto non sembri.

Nascosti negli anfratti di qualche cavità, magari al riparo dalla luce diretta del Sole, microrganismi semplici possono aver superato senza particolari avversità la traversata Terra-Marte e aver contaminato quindi il suolo del pianeta rosso.

Il trasporto di materiale organico o addirittura vivente è qualcosa di inevitabile anche ai giorni nostri. Curiosity, ad esempio, ha rilevato nel suolo marziano tracce di molecole organiche ma bisogna ancora capire se siano composti provenienti dal suolo o dal rover stesso.

Prima di gridare alla contaminazione però, almeno dal punto di vista dei microrganismi (le molecole organiche non sono vita e sono sparse un po' ovunque nel Cosmo), abbiamo un altro controllo di sicurezza che potrebbe farci dormire sonni tranquilli: è possibile che dei batteri terrestri sul suolo marziano riescano pure a riprodursi? Non è più probabile che le condizioni avverse impediscano il proliferare di una specie aliena che si è evoluta su un pianeta molto diverso?

La risposta è sorprendente: ci sono batteri terrestri che possono sopravvivere e riprodursi anche nell'ostile ambiente marziano.

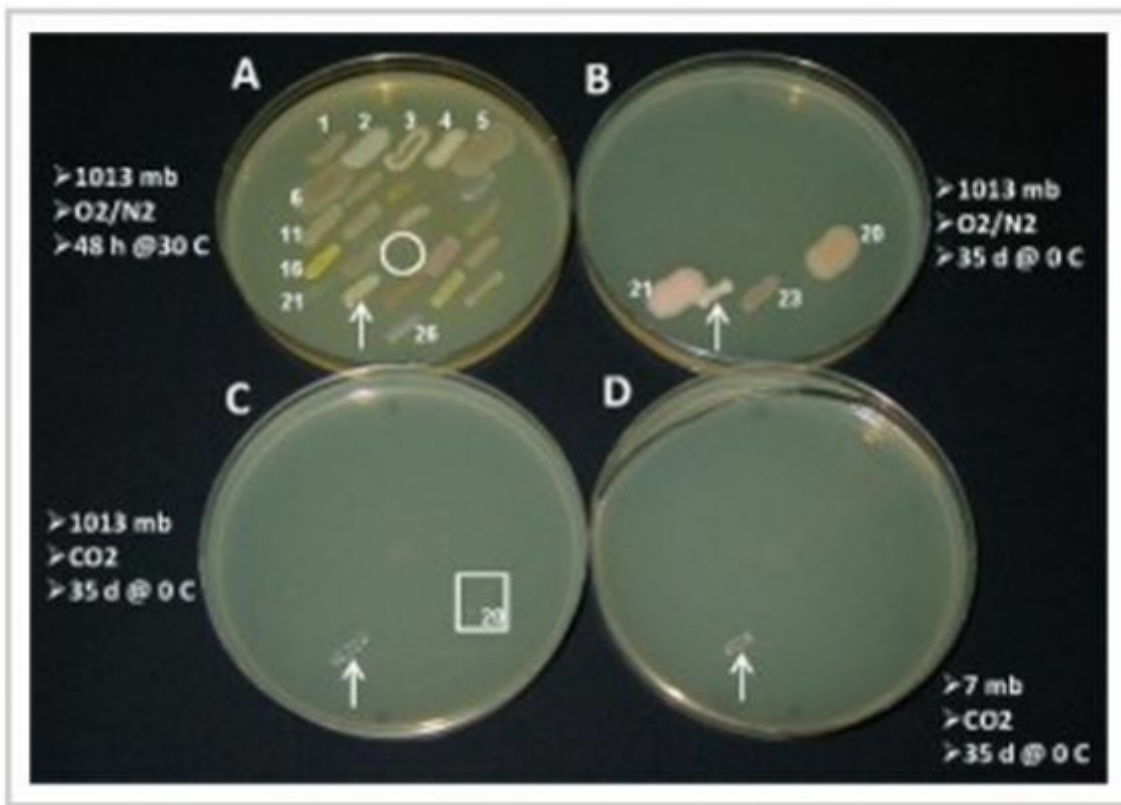
Queste vicende fanno capire ancora una volta quanto poco conosciamo delle attività biologiche presenti sul nostro pianeta:

siamo dei bambini piccoli che non possono fare a meno di guardare troppo oltre le proprie possibilità, ignorandone le conseguenze possibili.

Alcune colonie di batteri raccolte dai ghiacci siberiani nel sottosuolo (permafrost), appartenenti alla stessa famiglia dei microrganismi presenti nella carne surgelata, possono effettivamente prosperare alle temperature e pressioni marziane.

Sul finire del 2012 un altro gruppo di studio dell'università della Florida ha fatto una scoperta estremamente importante. Isolando microrganismi che si trovano comunemente anche nelle sonde dirette verso Marte, li hanno sottoposti alle condizioni del pianeta rosso. I batteri denominati Serratia Liquefaciens sono sopravvissuti e si sono riprodotti a una temperatura di zero gradi e una pressione di soli 7 millibar. Il problema è che questo batterio vive tranquillamente qui sulla Terra a livello del mare e a temperature miti; si può trovare sulla pelle umana, nei capelli, persino nei polmoni e nel pesce: insomma, un insospettabile inquilino del nostro corpo.

Ma anche i batteri scoperti nella stratosfera terrestre nel 2009, denominati Janibacter Hoylei, vivono a pressioni, temperature e condizioni di radiazione solare simili alla superficie di Marte e hanno imparato a "volare" trasportati dai venti. E nulla ci dice che questo sia possibile solamente qui.

Se simili batteri fossero stati trasportati sin dalle prime sonde e avessero trovato dei posti migliori al riparo dalle tempeste solari (sotto una roccia ad esempio, o pochi centimetri nel sottosuolo), allora potrebbero aver avuto qualche possibilità di prosperare.

Test per la resistenza di alcuni microbi terrestri presenti anche nelle sonde automatiche inviate su Marte a diverse condizioni. Il Serratia Liquefaciens è sopravvissuto alle temperature e alle pressioni marziane, contrariamente a quanto si pensava. Questo è un batterio molto comune sulla Terra e popola persino i nostri corpi. Potrebbe essere stato trasportato dalle sonde dirette su Marte e aver contaminato il pianeta?

Le missioni giunte sulla superficie polverosa del pianeta rosso sono diverse, sebbene molte, soprattutto sovietiche, si siano schiantate disintegrandosi. Trasportati dai venti, questi batteri potrebbero in linea del tutto teorica (ma perfettamente plausibile) aver colonizzato Marte, contaminandolo con materiale proveniente dalla Terra.

Si è effettivamente verificato uno scenario del genere?

È plausibile e probabile, ma ancora non sappiamo se è effettivamente avvenuto e in quale misura. Con le recenti scoperte abbiamo delle sensazioni che ci suggeriscono che la vita elementare ha una gran voglia di prosperare ed è abituata a farlo in qualsiasi tipo di ambiente. Se c'è una possibilità, anche

minima, è certo che ci riesca.

Che batteri di questo tipo siano stati portati sul pianeta rosso non dovrebbero esserci dubbi. Questa che può sembrare una cosa estremamente stupida, in realtà nasconde solamente la nostra grande ignoranza in tema di processi biologici. In effetti ancora non conosciamo a sufficienza nemmeno tutte le specie batteriche presenti in natura, figuriamoci se abbiamo un'idea precisa su quali siano le condizioni necessarie affinché possano proliferare su mondi alieni.

Questa branca della scienza è relativamente giovane, sicuramente più delle missioni spaziali verso Marte e solamente ora, con molte difficoltà, riesce a farci prendere coscienza della leggerezza che è stata commessa inviando materiale contaminato su un pianeta che stava vivendo la sua personalissima storia.

Probabilmente abbiamo cambiato involontariamente l'evoluzione di Marte, o forse solo accelerata.

C'è però anche un altro scenario possibile che potrebbe alleggerire non poco la nostra coscienza, perché le nostre astronavi non sono stati i primi manufatti contaminati da batteri giunti sul pianeta rosso.

E se fosse stato Marte?

Lo scambio di informazioni tra Marte e la Terra potrebbe essere molto più antico, duraturo e invadente di quanto prodotto dalle nostre sonde automatiche.

Per comprendere come due pianeti distanti 56 milioni di chilometri possano scambiarsi informazioni senza la presenza di esseri intelligenti, dobbiamo guardare in casa nostra.

Tra le migliaia di meteoriti ritrovate sulla superficie della Terra, sono oltre 100 quelle che hanno un'impronta unica e diversa rispetto agli asteroidi della fascia principale.

La composizione chimica di queste rocce è uguale a quella della superficie di Marte, e la composizione dell'aria intrappolata è identica a quella atmosferica. Si tratta di meteoriti che un tempo costituivano rocce del pianeta rosso.

Com'è possibile tutto questo?

Con una dinamica che potrebbe sembrare rocambolesca, ma che invece è stata più frequente di quanto ci si aspetti.

Quando un meteorite di grandi dimensioni (uno o più chilometri) colpisce Marte, fa schizzare a grande velocità pezzi della superficie del pianeta, rocce di diverse dimensioni che potrebbero avere una velocità sufficiente per uscire dall'atmosfera e dal campo gravitazionale. Questi diventano meteoriti a tutti gli effetti, solamente che non sono più gli antichi massi generatisi al tempo della formazione del Sistema Solare, ma prodotti di una superficie planetaria modificati da una storia molto diversa. Data la vicinanza tra Marte e la Terra, alcuni di questi meteoriti "secondari" sono precipitati sul nostro pianeta. A oggi queste sono le uniche rocce marziane che possediamo e che quindi è possibile analizzare in modo approfondito.

Tra poco vedremo quali sono le caratteristiche e le sorprese che sono state scoperte in questi massi, perché è intuitivo che se su Marte un tempo c'era la vita, questa possa essere contenuta, almeno sottoforma di fossili, nei meteoriti marziani.

Non è questo però quello che ci interessa al momento.

Soffermiamoci per un attimo sulla dinamica della carambola cosmica e proviamo a fare un gioco logico che prevede di cambiare punto di vista, magari rovesciando la situazione.

Se Marte ci ha inviato meteoriti, è possibile che anche la Terra abbia fatto lo stesso? Cosa impedisce a un grande asteroide che colpisce il nostro pianeta di far schizzare nello spazio pezzi di rocce terrestri che poi, dopo migliaia o milioni di anni di pellegrinaggio nello spazio, precipitano su Marte?

La risposta è ovvia: niente.

Se conosciamo meteoriti provenienti da Marte, è indubbio che su Marte, da qualche parte, esistano altrettanti meteoriti provenienti dalla Terra, risalenti un po' a tutte le ere geologiche: dal grande bombardamento subito 3,5 - 4 miliardi di anni fa ai più recenti, magari anche a seguito di quello che ha estinto i dinosauri (l'ultimo impatto devastante conosciuto).

Se la vita elementare sulla Terra esiste da almeno 3,8 miliardi di anni, questo implica senza ombra di dubbio che i meteoriti terrestri su Marte abbiano per forza di cose trasportato forme di vita: è una certezza.

Ci sarebbe naturalmente da discutere in merito alla sopravvivenza di organismi biologici in queste condizioni, soprattutto per quanto riguarda le violente fasi della creazione del meteorite e del successivo impatto su Marte, ma in rocce relativamente grandi, nascoste nelle profondità, queste coriacee tracce biologiche potrebbero essere sopravvissute senza

particolari problemi, come hanno provato alcuni esperimenti effettuati su rocce terrestri e buone quantità di esplosivo.

Secondo questo scenario, se contaminazione c'è stata, questa potrebbe essersi verificata ben prima che l'uomo comparisse e fosse in grado di mandare astronavi nello spazio. Menomale, ora stiamo un po' meglio!

La storia biologica di Marte e della Terra potrebbe essere più intrecciata di quanto sembri, perché sicuramente i due pianeti si sono scambiati milioni di tonnellate di rocce nel corso di miliardi di anni.

E allora, per concludere in bellezza aumentando l'incertezza e il mistero, facciamoci una domanda: chi ha contaminato chi? La Terra primordiale, molto più massiccia e grande, si è probabilmente raffreddata più lentamente di Marte. L'impatto violento con quel pianeta primordiale che ha poi generato la Luna ha rallentato lo sviluppo di condizioni adatte alla vita di qualche altro milione di anni.

Se il più piccolo e freddo Marte ha quindi sperimentato condizioni biologiche prima della Terra, è probabile che i primi microrganismi siano nati proprio qui.

E se i meteoriti marziani avessero inseminato la giovane e ancora desertica Terra con le prime forme di vita?

Se un giorno trovassimo dei microbi marziani fossilizzati più antichi di quelli terrestri e sorprendentemente simili, non ci sarebbe da stupirsi poi più di tanto.

Nel prossimo volume

Neofiti: Osservare i pianeti

Costellazioni: Cani da Caccia e Cefeo

Astrofotografia: Imaging deep-sky: strumentazione e tecnica di ripresa

Ricerca: Introduzione alla spettroscopia

Astrofisica: Le ere dell'Universo e la nucleosintesi primordiale

Astronautica: L'esplorazione di Saturno e dei pianeti remoti

Attualità: La materia oscura

Per consigli, critiche, suggerimenti o per inviare materiale (immagini, articoli) scrivetemi a info@danielegasparri.com

Per vedere tutti i miei libri, elettronici e cartacei cliccare qui

Se vi siete persi gli altri volumi di astronomia per tutti, li trovate qui